

PAULO DE TARSO BARBOSA SAMPAIO

VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E
PROGÊNIES DE *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea*
var *hondurensis* Barr. & Golf. E *Pinus maximinoi*
H. E. Moore E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA
MELHORAMENTO GENÉTICO

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do grau e título de "Doutor em Ciências Florestais".

Orientador:

Prof. Dr. Antonio José de Araujo

CURITIBA

1996



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E DO DESPORTO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA FLORESTAL

P A R E C E R

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, reuniram-se para realizar a arguição da Tese de **DOUTORADO**, apresentada pelo candidato **PAULO DE TARSO BARBOSA SAMPAIO**, sob o título "**VARIAÇÃO GENÉTICA E MÉTODOS DE SELEÇÃO DE *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. E *Pinus maximinoi* H. E. Moore**", para obtenção do grau de **Doutor** em Ciências Florestais, no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, Área de Concentração **SILVICULTURA**.

Após haver analisado o referido trabalho e arguido o candidato são de parecer pela "**APROVAÇÃO**" da Tese, com média final: (**9,3**), correspondente ao conceito: (**A**).

Curitiba, 06 DE DEZEMBRO DE 1996

Prof. Dr. Hiroshi Noda
Primeiro Examinador
UNIV. AMAZONAS

Prof. Dr. José Alfredo Sturion
Segundo Examinador
CNPQ/EMBRAPA

Prof. Dr. Mário Takao Inoue
Terceiro Examinador
UFPR



Prof. Dr. Carlos Roberto Sanquetta
Quarto Examinador
UFPR

Prof. Dr. Antônio José de Araújo
Orientador e Presidente da Banca
UFPR

A meus pais

Francisco Andrade Sampaio e

Maria Barbosa Sampaio

A meus irmãos

Francimar Barbosa Sampaio

e Ruth Barbosa Sampaio

AGRADECIMENTOS

Ao professor Antonio José de Araujo, pela amizade, orientação e incentivo durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor Marcos Deon Vilela de Resende, pela amizade e sua valiosa contribuição nas análises e interpretação dos dados através do software “SELEGEN” .

Ao amigo Marcelo Sérgio Souza Wiecheteck, pelo apoio técnico, amizade e pelas sugestões apresentadas ao trabalho.

Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, pela oportunidade de realizar o curso.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao Instituto de Tecnologia da Amazônia (UTAM), pela liberação e apoio na execução deste trabalho.

À CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro para a realização do curso.

Às Indústrias PISA, por permitir a utilização de sua infra-estrutura para a coleta de dados em testes genéticos nas suas propriedades.

À EMBRAPA e CAMCORE, por terem cedido os dados de testes genéticos sob sua coordenação.

Aos amigos, Brandão, Nabor, Francisca Dionísia, Gislaine Miranda, Carlos Nardine, Gil Vieira, Paulo Cesar e Carlos, pela amizade e incentivo.

BIOGRAFIA DO AUTOR

PAULO DE TARSO BARBOSA SAMPAIO, filho de Francisco Andrade Sampaio e Maria Barbosa Sampaio, nasceu em Manaus, AM, a 25 de maio de 1956.

Graduou-se como Engenheiro Florestal pela Universidade Federal do Paraná, em Curitiba, PR, em 1983.

Em março de 1984, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, área de concentração Manejo Florestal, no Instituto Nacional de Pesquisas Amazônicas (INPA), concluindo os requisitos para obtenção do grau e título de Mestre em Ciências Florestais, em dezembro de 1987.

Em janeiro de 1987, começou suas atividades profissionais como professor do curso de engenharia florestal da UTAM e em janeiro de 1988 como pesquisador do INPA, em Manaus.

Em 1992 iniciou o Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, área de concentração Silvicultura, na Universidade Federal do Paraná, concluindo os requisitos para a obtenção do grau e título de "Doutor em Ciências Florestais" em 1996.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	ix
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
RESUMO GERAL.....	xiv
ABSTRACT.....	xv

I **VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus oocarpa* Schiede E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA MELHORAMENTO GENÉTICO**

RESUMO.....	1
1 INTRODUÇÃO.....	2
2 <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>.....	4
2.1 CARACTERÍSTICAS DE <i>P. oocarpa</i>.....	4
2.2 TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES.....	7
2.3 ESTIMATIVAS DOS PARÂMETROS GENÉTICOS.....	11
2.3.1 VARIÂNCIA FENOTÍPICA E GENOTÍPICA.....	11
2.3.2 HERDABILIDADE.....	13
2.4 CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE.....	15
2.5 ACURÁCIAS E INTERVALO DE CONFIANÇA DO GANHO GENÉTICO.....	17
2.6 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA.....	18
2.7 DIMENSÕES DE FIBRAS.....	21
3 <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>.....	23
3.1 MATERIAL.....	23
3.2 MÉTODOS.....	25
3.2.1 INSTALAÇÃO DOS ENSAIOS.....	25
3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL.....	27
3.2.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA.....	30
3.2.5 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS.....	32
3.2.6 ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE HERDABILIDADE.....	33
3.2.7 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA.....	34

3.2.8	ESTIMATIVA DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS.....	36
3.2.9	PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO INDIVIDUAL.....	37
3.2.10	PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO COMBINADA.....	38
3.2.11	PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO.....	38
3.2.12	ACURÁCIAS.....	39
3.2.13	INTERVALO DE CONFIANÇA DE GANHO GENÉTICO.....	41
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	42
4.1	CRESCIMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME.....	42
4.2	FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS.....	46
4.3	ÁRVORES BIFURCADAS E ÁRVORES COM COPA QUEBRADA.....	49
4.4	SOBREVIVÊNCIA DAS ÁRVORES.....	52
4.5	DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA, COMPRIMENTO E LARGURA DAS FIBRAS	53
4.6	ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE.....	57
4.7	CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS.....	63
4.8	ESTIMATIVA DE GANHOS GENÉTICOS ATRAVÉS DA SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO.....	67
4.8.1	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO BLOCO (POMAR DE SEMENTES POR MUDAS).....	71
4.8.2	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (POMAR DE SEMENTES CLONAL).....	74
5	CONCLUSÕES	75

**II VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE *Pinus caribaea*
var. *hondurensis* Barr. & Golf. E MÉTODOS DE SELEÇÃO
PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO**

	<u>RESUMO</u>	77
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	78
2	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	80
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	85
3.1	MATERIAL	85
3.2	MÉTODOS	86
3.2.1	INSTALAÇÃO DOS ENSAIOS	86
3.2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	87
3.2.3	COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL	87
3.2.4	ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA	88
3.2.5	ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS E PROGRESSO GENÉTICO ESPERADO COM A SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E ÍNDICE MULTI-EFEITO	90
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	91
4.1	CRESCIMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME	91
4.2	FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS	94
4.3	ÁRVORES BIFURCADAS E ÁRVORES COM COPA QUEBRADA	96
4.4	SOBREVIVÊNCIA E ÁRVORES COM “FOXTAIL”	98
4.5	ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE	101
4.6	CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS	104
4.7	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO BLOCO (POMAR DE SEMENTES POR MUDAS)	106
4.8	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (POMAR DE SEMENTES CLONAL)	109
5	<u>CONCLUSÕES</u>	104

III	VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE <i>Pinus maximinoi</i> H.E. Moore E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA O MELHORAMENTO GENÉTICO	
	RESUMO	113
1	<u>INTRODUÇÃO</u>	114
2	<u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	116
3	<u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	121
3.1	MATERIAL	121
3.2	MÉTODOS	124
3.2.1	INSTALAÇÃO DOS ENSAIOS.....	124
3.2.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	125
3.2.3	COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL.....	125
3.2.4	ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA.....	126
3.2.5	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AGRUPADA PARA PROCEDÊNCIAS COMUNS AOS DOIS EXPERIMENTOS.....	126
3.2.6	ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS E PROGRESSO GENÉTICO ESPERADO COM A SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E MULTI- EFEITO.....	128
4	<u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	130
4.1	CRESCIMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME	130
4.2	FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS	135
4.3	ÁRVORES BIFURCADAS E ÁRVORES COM COPA QUEBRADA	137
4.4	SOBREVIVÊNCIA E ÁRVORES COM “FOXTAIL”	140
4.5	ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE	143
4.6	CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS	145
4.7	ESTIMATIVA DE GANHOS GENÉTICOS ATRAVÉS DA SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO	149
4.7.1	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO BLOCO (PSM).....	151
4.7.2	ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (PSC).....	154
5	<u>CONCLUSÕES</u>	156
6	<u>CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES</u>	158
	<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	160

LISTA DE TABELAS

TABELAS

1	CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS DE <i>P. oocarpa</i> EM TESTE EM ANGATUBA, SP.....	23
2	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO DO EXPERIMENTO DE <i>P. oocarpa</i> EM ANGATUBA, SP.....	25
3	ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO APRESENTADO, COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS.....	31
4	ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA E DO ERRO AO NÍVEL DE PROGÊNIES DENTRO DE PROCEDÊNCIA.....	33
5	ESQUEMA DE ANÁLISE DE COVARIÂNCIA BASEADA EM DADOS OBTIDOS AO NÍVEL DE PLANTA.....	35
6	ESTIMADORES PARA ACURÁCIAS ASSOCIADAS A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO.....	40
7	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ALTURA (HT), DAP E VOL. DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	42
8	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN DAS PROCEDÊNCIAS DE <i>P. oocarpa</i> , EM ANGATUBA, SP, COM OS DADOS AMBIENTAIS DOS LOCAIS DE ORIGEM DAS SEMENTES.....	44
9	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DOS GALHOS (DG). DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, em ANGATUBA, SP.....	47
10	ANÁLISES DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ÁRVORES COM COPA QUEBRADA (C.Q), SOBREVIVÊNCIA (SBR) E ÁRVORES BIFURCADAS (BIF) DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	50
11	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS PARA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA E AO NÍVEL DE PROCEDÊNCIAS PARA COMPRIMENTO DE FIBRA (C), LARGURA DE FIBRA (L), DIÂMETRO DO LÚMEN (DL), ESPESSURA DA PAREDE DE FIBRAS (EP) E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA.....	54
12	MÉDIAS DOS COEFICIENTES DE FLEXIBILIDADE (CF), ÍNDICE DE ENFELTRAMENTO (IE); FRAÇÃO DA PAREDE DAS FIBRAS (FP) E ÍNDICE DE RUNKEL AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	56

13	ESTIMATIVAS DA HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NA PARCELA (h^2_{ip}), AO NÍVEL DE PROGÊNEIS (h^2_i), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) E AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}) PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	60
14	ESTIMATIVAS DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE EM ANGATUBA, SP.....	64
15	ESTIMATIVAS DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E SEUS RESPECTIVOS DESVIO PADRÃO DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	65
16	ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E GANHO GLOBAL EM VOLUME (GANHO INDIRETO) E DAP, EM PORCENTAGEM, ATRAVÉS DA SELEÇÃO COM BASE NO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO, EM FUNÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO.....	70
17	MÉDIAS DOS GANHOS GENÉTICOS E ACURÁCIAS EM VOLUME E DAP NA IMPLANTAÇÃO DO POMAR DE SEMENTES POR MUDAS (BLOCO) E POMAR DE SEMENTES CLONAL (EXPERIMENTO) DE <i>P. oocarpa</i> , AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.....	72
18	CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE COLETA DAS PROCEDÊNCIAS DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> E TESTEMUNHA TESTADO EM TIBAGI, PR.....	85
19	ESQUEMA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO UTILIZADO COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS.....	89
20	ANÁLISES DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DAS PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DA ALTURA, DAP E VOLUME, DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	91
21	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DAS PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DOS GALHOS DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	
22	ANÁLISES DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DAS PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE ÁRVORES COM COPA QUEBRADA E ÁRVORES BIFURCADAS DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	95
23	ANÁLISES DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DAS PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE ÁRVORES COM FOXTAIL (FOX) E SOBREVIVÊNCIA (SBR) DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	96
24	ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NA PARCELA (h^2_{ip}), AO NÍVEL DE PROGÊNEIS (h^2_i), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	99

25	ESTIMATIVAS DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	105
26	ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E GANHO GLOBAL, EM PORCENTAGEM, ATRAVÉS DA SELEÇÃO DO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO, EM FUNÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO.....	108
27	MÉDIAS DAS ACURÁCIAS, GANHOS GENÉTICOS (GS) E A NOVA MÉDIA DA POPULAÇÃO APÓS UM CICLO DE SELEÇÃO.....	110
28	CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL DE <i>P. maximinoi</i> UTILIZADO NESTE ESTUDO.....	121
29	ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO APRESENTADO, COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS.....	127
30	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DA ALTURA TOTAL (HT), DAP E VOLUME (VOL) DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.....	130
31	COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE <i>P. maximinoi</i> , EM TIBAGI, PR, COM OS DADOS AMBIENTAIS DE ORIGEM DAS SEMENTES.....	133
32	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DO GALHO (DG) DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.....	135
33	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE ÁRVORES COM COPA QUEBRADA (CQ) E BIFURCADAS (BIF) DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.....	138
34	ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE ÁRVORES COM FOXTAIL E SOBREVIVÊNCIA (SBR) DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.....	141
35	ESTIMATIVAS DOS COEFICIENTES DE HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUOS NA PARCELA (h^2_{ip}), NO BLOCO (h^2_{ib}) E NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}), AO NÍVEL DE PROGÊNEIS (h^2_t), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	144
36	ESTIMATIVAS DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	147
37	ESTIMATIVAS DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E SEUS RESPECTIVOS DESVIO PADRÃO DE <i>P. maximinoi</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	148

38	ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E GANHO GLOBAL, EM PORCENTAGEM, ATRAVÉS DA SELEÇÃO DO DAP, AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO, EM FUNÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO.....	150
39	ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E GANHO GLOBAL, EM PORCENTAGEM, ATRAVÉS DA SELEÇÃO DO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO, EM FUNÇÃO DO MÉTODO UTILIZADO.....	151
40	MÉDIAS DOS GANHOS GENÉTICOS (GS) E ACURÁCIAS EM VOLUME (VOL) E DAP NA IMPLANTAÇÃO DO POMAR DE SEMENTES POR MUDAS (BLOCO) E POMAR DE SEMENTES CLONAL (EXPERIMENTO) DE <i>P. maximinói</i> , AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.....	152

LISTA DE FIGURAS

FIGURA

1	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ORIGEM DAS SEMENTES DE <i>Pinus oocarpa</i>	5
2	CRITÉRIOS ESTABELECIDOS PELA CAMCORE PARA A CLASSIFICAÇÃO DA FORMA DO FUSTE	28
3	DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DE <i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	81
4	LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ORIGEM DAS SEMENTES DE <i>Pinus maximinoi</i>	117

RESUMO GERAL

VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus*

oocarpa Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. e *Pinus maximinoi*

H. E. Moore E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA MELHORAMENTO GENÉTICO

A avaliação dos testes de procedências e progênes de *P. oocarpa*, *Pinus maximinoi* e *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, teve por objetivo estudar a variação genética entre e dentro de procedências, determinando quais populações apresentarão o maior ganho genético em volume de madeira através da seleção individual, combinada e pelo índice multi-efeito.

Os resultados indicam que as sete procedências de *P. oocarpa*, testadas em Angatuba, SP, aos nove anos de idade, apresentaram produção volumétrica média de 0,296 m³/arv, porém com fustes tortuosos e elevado número de árvores bifurcadas. A densidade básica da madeira juntamente com os índices entre as dimensões das fibras, indicam que o papel obtido desta espécie terá boas características físico-mecânicas. Para a implantação do pomar de sementes por mudas, foram selecionados 189 indivíduos com os maiores ganhos genéticos em DAP (27 indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,327 m³/arv (seleção individual), 0,338 m³/arv (seleção combinada) e para 0,341 m³/arv (índice multi-efeito). Para implantação do pomar de sementes clonal, foram selecionados 28 indivíduos com os maiores ganhos genéticos em DAP (quatro indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,345 m³/arv (seleção individual), 0,355 m³/arv (seleção combinada) e para 0,356 m³/arv (índice multi-efeito).

Em Tibagi, PR, a avaliação dos testes genéticos aos cinco anos de idade, indicou que a produção volumétrica média de *P. maximinoi* foi de 0,0925 m³/arv e de *P. caribaea* var. *hondurensis* de 0,091 m³/arv. As árvores destas espécies possuem fustes tortuosos, sendo que o *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou 35,8% de árvores com "foxtail". Para a implantação do pomar de sementes por mudas de *P. maximinoi*, foram selecionados 200 indivíduos com os maiores ganhos genéticos em DAP (20 indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,134 m³/arv (seleção individual), 0,137 m³/ha (seleção combinada) e para 0,138 m³/arv (índice multi-efeito). Para a implantação do pomar de sementes clonal, foram selecionados 30 indivíduos com os maiores ganhos genéticos em DAP (três indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,145 m³/arv (seleção individual), 0,149 m³/arv (seleção combinada) e para 0,152 m³/arv (índice multi-efeito). Para implantação do pomar de sementes clonal de *P. caribaea* var. *hondurensis*, foram selecionados 190 indivíduos que apresentaram os maiores ganhos genéticos em DAP (95 indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,104 m³/arv (seleção individual), 0,106 m³/arv (seleção combinada) e para 0,106 m³/arv (índice multi-efeito). Para a implantação do pomar de sementes clonal, foram selecionados 30 indivíduos que apresentaram os maiores ganho genético em DAP (15 indivíduos por procedência). A seleção destes indivíduos, possibilitará que a produção volumétrica atual seja elevada para 0,1127 m³/arv (seleção individual), 0,1130 m³/arv (seleção combinada) e para 0,1145 m³/arv (índice multi-efeito).

ABSTRACT

GENETIC VARIATION AMONG PROVENANCES AND PROGENIES AND SELECTION METHODS FOR GENETIC TREE IMPROVEMENT OF *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. E *Pinus maximinoi* H. E. Moore

It was studied the genetic variability within and between provenances of *Pinus oocarpa*, *Pinus maximinoi* and *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. Through (individual, combined and multi-effect index) selection, it was evaluated which populations show greater genetic gain related to timber volume.

The results of seven *P. oocarpa* provenances, tested in Angatuba-SP, showed a production of 0.296 m³ of timber per tree at nine years-old. However, the boles were twisted and there was a large number of forked trees. The wood specific gravity and the characteristics of fibers indicated that the paper made from this tree will have good physical and mechanical qualities. To establish seedling seed orchard (SSO), it was selected 189 trees with the greatest genetic gain in DBH (27 trees per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.327 m³ per tree (individual selection), 0.338 m³ per tree (combined selection) and 0.341 m³ per tree (multi-effect index). To implement a clonal seed orchard (CSO), it was selected 28 trees with the greatest genetic gain in DBH (four trees per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.345 m³ per tree (individual selection), 0.355 m³ per tree (combined selection) and 0.356 m³ per tree (multi-effect index).

In Tibagi, PR, the evaluation of the five years-old genetic tests indicated that the mean volumetric timber production of *P. maximinoi* was 0.0925 m³ per tree and 0.091 m³ per tree for *P. caribaea* var. *hondurensis*. The trees of these species showed twisted boles. In addition, *P. caribaea* var. *hondurensis* showed foxtail in 35.8% of all trees. To establish a SSO of *P. maximinoi*, it was selected 200 trees with the greatest genetic gain in DBH (20 trees per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.134 m³ per tree (individual selection), 0.137 m³ per tree (combined selection) and 0.138 m³ per tree (multi-effect index). To implement CSO, it was selected 30 trees with the greatest genetic gains in DBH (three individuals per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.145 m³ per tree (individual selection), 0.149 m³ per tree (combined selection) and 0.152 m³ per tree (multi-effect index).

To establish a SSO of *P. caribaea* var. *hondurensis*, it was selected 190 trees with the greatest genetic gain in DBH (95 trees per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.104 m³ per tree (individual selection), 0.106 m³ per tree (combined selection) and 0.106 m³ per tree (multi-effect index). To establish a CSO, it was selected 30 trees with the greatest genetic gains in DBH (15 trees per provenance). The selection of these trees will allow an increase in the current volumetric timber production, reaching 0.1127 m³ per tree (individual selection), 0.1130 m³ per tree (combined selection) and 0.1145 m³ per tree (multi-effect index).

I VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE *Pinus oocarpa* Schiede E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA MELHORAMENTO GENÉTICO

RESUMO

Foi estudada a variação genética através do ensaio de procedências e progênes de *P. oocarpa* Schiede, instalado em área do Instituto Florestal de São Paulo no município de Angatuba, SP, em março de 1984. O delineamento utilizado foi blocos de famílias compactas, com nove repetições e parcelas lineares de seis plantas, envolvendo sete procedências com 54 famílias e duas testemunhas comerciais em espaçamento de 3 x 3 m. Aos nove anos de idade, foram avaliadas as características de altura total (HT), DAP, volume (VOL), forma do fuste (FF), diâmetro dos galhos (DG), árvores com copa quebrada (CQ), árvores bifurcadas (BIF), porcentagem de falhas (SBR), densidade básica da madeira (DEN), comprimento (C) e largura das fibras (L). Foram detectadas variações genéticas significativas entre procedências e progênes, e entre progênes dentro de cada procedência para DAP, VOL, FF e CQ. As herdabilidades no sentido restrito estimadas ao nível de indivíduos no experimento foram similares às obtidas entre plantas dentro de progênes e de blocos, e que, por sua vez, foram inferiores às obtidas ao nível de médias de progênes. O desvio padrão dos coeficientes de herdabilidade foram moderados, indicando que as previsões de ganho genético através da seleção possuem precisão aceitável. Os coeficientes de herdabilidade estimados foram de maiores magnitudes para a forma do fuste seguido da densidade básica da madeira, volume, DAP, altura e diâmetro dos galhos, mostrando boas perspectivas de respostas à seleção. As procedências Las Crucitas, Guaimaca e San Marcos, apresentaram a maior produtividade volumétrica, porém com fustes tortuosos e elevado número de árvores bifurcadas e com copa quebrada. A qualidade da madeira, avaliada através da densidade básica e das relações entre o comprimento e a largura de fibras, indica que a madeira desta espécie terá alto rendimento volumétrico de celulose e produzirá papel de boa qualidade. Em função dos elevados coeficientes de correlação genética aditivo entre DAP e volume associados a baixos desvio padrão, a seleção visando produtividade volumétrica poderá ser conduzida através do DAP. As estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de blocos (Pomar de sementes por mudas) através da seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 10,46%, 14% e 14,5%. Ao nível de experimento (Pomar de sementes clonal) as estimativas de ganho genético indireto em volume com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 16,6%, 20% e 20,6%, revelando que a seleção pelo índice multi-efeito, maximizou as estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de bloco (Pomar de sementes por mudas) e experimento (Pomar de sementes clonal).

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de atender à crescente demanda das indústrias madeireiras com suprimentos regulares de matéria prima, e a diminuição das reservas nativas, justificou a introdução de espécies de rápido crescimento dos gêneros *Pinus* e *Eucalyptus* na região sul e sudeste do país.

Estudos indicam que dos 500.000 ha reflorestados com *Pinus* tropicais no Brasil, 70% é de *P. caribaea* var. *hondurensis*, 15% de *P. oocarpa* e o restante das demais espécies (RESENDE; NEVES, 1988, p.214). Os primeiros plantios de *P. oocarpa* nas regiões sul e sudeste do Brasil, caracterizaram-se pelos baixos incrementos e má forma do fuste. Em função disto, a reintrodução de novos materiais genéticos, vem sendo praticada, visando ampliar a base genética das plantações aqui estabelecidas (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.22).

As maiores plantações de *P. oocarpa*, situam-se nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Segundo KAGEYAMA (1977, p.54), as procedências do México têm demonstrado, invariavelmente, baixo crescimento e má forma do fuste, enquanto que as da Nicarágua, o mais rápido crescimento nos referidos estados.

A Cooperativa de Recursos de Coníferas da América Central e México (CAMCORE) em convênio com diversas empresas florestais, está coordenando a implantação de novos testes de procedências com separação e identificação das descendências de árvores individuais, ou seja, os testes combinados de procedências e progênies visando obter informações sobre a variação genética entre e dentro das procedências, com relativa economia de tempo e trabalho para os programas de melhoramento. Além das características de crescimento,

informações sobre a forma da árvore, quebra do fuste e qualidade da madeira, permitem tomar decisões mais seguras quanto à utilização de procedências mais adequadas, para finalidades específicas. A seleção de material genético adaptado às características ecológicas das regiões de plantio podem levar à maximização da produtividade, atendendo aos objetivos econômicos das empresas florestais.

A alta produtividade do *P. oocarpa* em solos pobres e a disponibilidade de grandes áreas potenciais nas regiões sul e sudeste do país para o estabelecimento de plantios comerciais, revelam que esta espécie poderá ser uma importante alternativa para o suprimento de madeira. Assim, este trabalho tem por objetivos:

- a) Estudar a grandeza e padrão da variação genética de características relacionadas ao crescimento e qualidade da madeira em procedências e progênies de *P. oocarpa* plantados em teste genético na região de Angatuba, SP;
- b) Estimar os parâmetros genéticos para as características de crescimento e densidade básica da madeira das populações em estudo;
- c) Determinar como as características relacionadas ao crescimento da árvore e a densidade básica da madeira se correlacionam;
- d) Quantificar o ganho genético em volume de madeira através da seleção individual, combinada e pelo índice multi-efeito na implantação de pomar de sementes por mudas e pomar de sementes clonal.

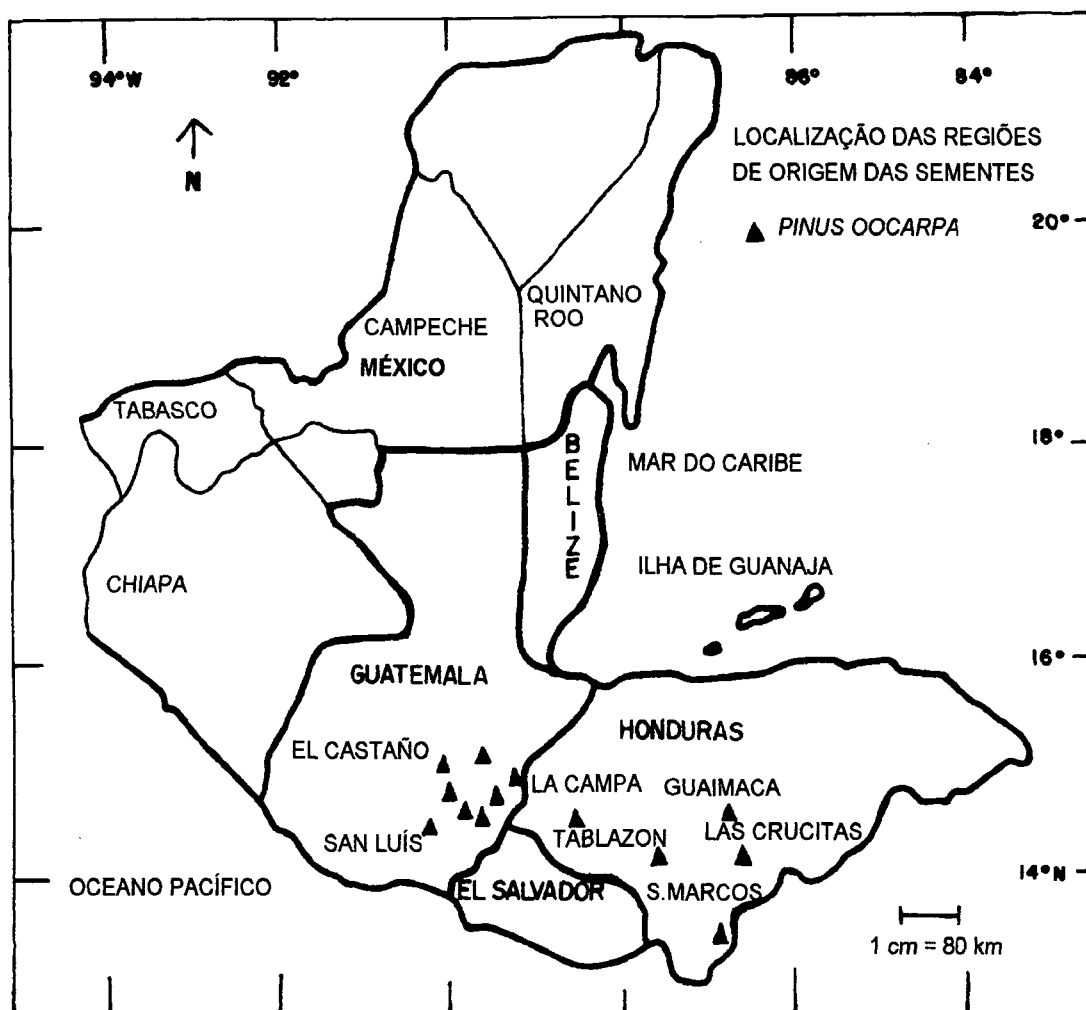
2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DE *Pinus oocarpa*

O *P. oocarpa* é amplamente distribuído na América Central. Ocorre no México, Belize, Guatemala, Honduras e Nicarágua. Há algumas populações isoladas, principalmente no México, Nicarágua e Belize (GREAVES 1983, p.13). A figura 1 mostra a localização geográfica das regiões de origem das sementes deste estudo.

Uma distribuição altitudinal, entre 1500 a 2.100 m no México e de 250 a 2400 m na Guatemala é citada por POYNTON (1977, p.291). Entretanto, estudos mais recentes descrevem que a maioria das áreas de ocorrências naturais estão situadas entre 700 a 1500 m (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.22). A precipitação varia de 750 a 1500 mm, com período seco de 2 a 6 meses por ano. A temperatura média varia entre 13°C a 21°C; a temperatura média das máximas do mês mais quente varia entre 20°C e 30°C, e a temperatura média das mínimas do mês mais frio oscila entre 8°C e 16°C. A espécie ocorre em solos ácidos a neutros, rasos e de drenagem livre (EMBRAPA, 1986, p.21).

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ORIGEM DAS SEMENTES DE *Pinus oocarpa*.



Segundo MARTINEZ¹, citado por KAGEYAMA (1977, p. 7), *P. oocarpa* pertence à secção serotina que engloba espécies que se caracterizam por apresentarem cones que não abrem suas escamas a um só tempo. Os *Pinus* desta secção são divididos em três grupos principais: *oocarpa*, *patula* e *peninsularis*. O grupo *oocarpa* compreende as espécies que apresentam cones simétricos, ovóides ou parcialmente ovóides e coloração ocre ou vermelho-

¹ MARTINEZ, M. 1948. *Los Pinos mexicanos*. 2nd ed. México, Ediciones Botas

marrom. Esse grupo compreende o *P. oocarpa* Schiede e suas variedades: *microphylla* Shaw, *manzanoi* Martinez, *trifoliata* Martinez e *ochoterenai* Martinez.

É grande a quantidade de espécies do gênero *Pinus* que existem na América, considerando-se o México e a Guatemala, como um dos principais centros de origem e dispersão das mesmas. Essa grande diversidade fez com que muitas dessas espécies tenham sido confundidas com outras. Por muito tempo, *P. tecunumanii* foi confundida com a espécie *P. oocarpa*, e mais especificamente, com *P. oocarpa* var. *ochoterenai* Mart. Porém EGUILUZ; PERRY (1983, p.8) concluíram que são espécies diferentes e passaram a fazer a descrição botânica de *P. tecunumanii* segundo as normas internacionais.

Em estudos sobre o aspecto botânico e ecológicos do *P. oocarpa* Schiede, STYLES (1976, p.15) sugere que a variedade *ochoterenai* originalmente descrita por Martinez seja sinônimo de *Pinus patula* Schiede. A população de Mountain Pine Ridge-Belize, entretanto, descrita anteriormente como *P. oocarpa*, passou por recentes estudos taxonômicos, tendo sido identificada como *P. tecunumanii*, BLANCO; DVORAK (1987), citado por LIMA (1988, p.158).

Estudos desenvolvidos por BARRICHELO (1984, p104) indicam que a madeira de *Pinus oocarpa* é moderadamente pesada, com boas características tecnológicas, com densidade entre 0,45 e 0,60 g/cm³, podendo ser utilizada para a produção de celulose de fibras longas, chapas de fibras e de partículas.

2.2 TESTES DE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES

Visando o melhoramento e a conservação genética de pinheiros tropicais, a CAMCORE e o Oxford Forestry Institute vêm coordenando através de convênios um programa de testes de procedências e progênies em 30 países. Com os resultados dos referidos testes é possível determinar as origens que melhor se adaptam em várias regiões, gerando informações sobre os padrões de variação genética e sobre as interações genótipo e ambiente.

Num teste de procedência típico, as sementes são coletadas de 25 a 30 árvores distanciadas entre si pelo menos 100 m e misturadas por procedência. Nenhum esforço é feito para manter a identidade da descendência de árvores individuais dentro de cada povoamento (SHIMIZU; PINTO JUNIOR, 1988, p.7). As comparações são limitadas ao nível de procedências. A combinação dos testes de procedências e de progênies num mesmo experimento, permite ao melhorista a obtenção simultânea de informações sobre a variação geográfica e diferenças genéticas entre as árvores de cada procedência, reduzindo o fator tempo no programa de melhoramento.

Entre as espécies de pinheiros tropicais testados no Brasil e outros países de clima tropical o *P. oocarpa* demonstrou ser de grande potencial para plantios comerciais. Os testes genéticos desta espécie têm revelado a existência de ampla variação geográfica. A seleção de material genético adequado para cada região ecológica pode aumentar a produtividade da espécie, mesmo em regiões com solos secos e degradados (BARNES; STYLES, 1983, p.81). Estudos recentes indicam um crescimento satisfatório desta espécie em regiões

com precipitação média anual menor que 1000 mm, com períodos de seca de 4 a 6 meses e em solos pobres, arenosos e ácidos. Fato este, de grande importância para a silvicultura dos *Pinus* nas regiões do cerrado brasileiro, onde ocorrem períodos prolongados de estiagem (LIMA, 1990, p. 18).

Os primeiros testes de introdução de *P. oocarpa*, foram realizados na África do Sul em 1911. A partir da década de 50, com sementes originadas do México, vários testes foram implantados em diversos países. Como esses plantios, invariavelmente, produziram baixos incrementos e má forma do fuste, não houve, inicialmente, grande interesse pela espécie para plantios comerciais (HAINES, TOZER, 1984, p.250). Entretanto, novos testes estabelecidos na década de 60, com sementes originadas da América Central, apresentaram bom crescimento e boa forma de fuste, sob diferentes condições ambientais (GREAVES, 1983, p.14).

Associações entre as características geográficas e climáticas do local de origem das sementes com as características da região onde estão implantados estes experimentos, foram observados em São Paulo (Brasil) (MASSAKI, 1989, p.36; KAGEYAMA, 1977, p. 38), no Zimbábue (MULLIN; QUAILE, 1984, p.380), Costa Rica (LIEGEL, 1984, p.324) e Austrália (HAINES, TOZER, 1984, p.250). Segundo HAINES; TOZER (1984, p.250), aproximadamente 50% da variação em crescimento e forma do fuste de *P. oocarpa* na Austrália, está associado à latitude de suas origens. As procedências do México apresentaram, invariavelmente, crescimento lento e má forma do fuste, quando comparadas com outras espécies de *Pinus* tropicais, sob as mesmas condições ambientais, na África do Sul e Austrália (HAINES; TOZER, 1984, p.256). Entre as procedências da Guatemala, algumas, como

Malacatancito, situada no norte do país, apresentaram crescimento e forma do fuste comparáveis às do México. Outras, como Bucaral (GREAVES, 1983, p.13) e Lagunilla (GIBSON, 1987, p.29), apesar de crescimento mais lento desenvolveram bons fustes. No Brasil, KAGEYAMA (1977, p.55), observou que as árvores com as melhores formas de fustes eram originadas de regiões de maiores latitudes.

Maior produção volumétrica, tem sido observada nas procedências originadas da Nicarágua. Entre essas, Yucul, Camélias, e San Rafael, juntamente com Mountain Pine Ridge, de Belize, formam um grupo que se destaca pelo rápido crescimento, apesar de não apresentarem boa formação do fuste (GREAVES, 1983, p.13). Entretanto, o comportamento distinto desse grupo em relação às demais procedências, está relacionado com a classificação taxonômica, sendo conhecido, atualmente, como *P. tecunumanii* EQUILUZ e PERRY (sin. *P. patula* subsp. *tecunumanii* EQUILUZ; PERRY (STYLES). As procedências de Yucul e Camélias (Nicarágua) têm-se revelado superiores em vigor e forma das árvores, enquanto que a procedência de Mt. Pine Ridge (Belize) tem se sobressaído em vigor, porém com forma inferior às anteriores (KAGEYAMA, 1977, p.55).

Os testes de procedências de *P. oocarpa* em Nzoia, Kenia, a 1700 m de altitude (WRIGHT *et al.* 1992, p.203) e em Zâmbia, a 1300 m de altitude (WRIGHT *et al.* 1986, p.33), indicaram alta variabilidade no crescimento, volume e densidade da madeira, entre as procedências de Honduras e Nicarágua. Em Honduras, testes de procedências com *P. oocarpa* indicaram que as procedências com maior altura total, DAP e sobrevivência foram as de Diplito (Nicarágua) e Gualaco (Honduras) (CORNELIUS, PONCE, 1990, p.227).

Em Felixlândia, MG, um teste de procedências e progênies de *P. oocarpa* indicou que as procedências El Castaño (Guatemala), Guaimaca (Honduras) e Las Crucitas (Honduras) apresentaram incremento médio anual em torno de 2m por ano, com boa forma de fuste e galhos com pequenos diâmetros (LIMA, 1990, p. 16).

As procedências da região central de Honduras, origem da maioria das populações existentes no Brasil, têm um comportamento de médio a superior para vigor e forma das árvores. As melhores procedências de *P. oocarpa*, quanto à forma do tronco, têm sua origem em longitudes entre 86°W e 87°W e latitudes de 13°N a 15°N. As procedências piores para região de Agudos, SP, têm sua origem em longitudes variando de 89°W a 91°W e latitude entre 14°N e 16°N (KAGEYAMA, 1977, p.55).

As procedências Yucul (Nicarágua) e Camélias (Nicarágua) são recomendadas para as regiões bioclimáticas 4, 5 e 6 no estado do Paraná. Para a região bioclimática 7, recomendam-se as procedências Camélias (Nicarágua) e Pueblo Caído (Guatemala) e, para comprovação, Yucul (Nicarágua). A espécie também é recomendada para plantios de comprovação na região 3, especialmente ao norte da linha Toledo-Santa Helena (EMBRAPA, 1986, p.21).

A CAMCORE realizou novas coletas de sementes de *P. oocarpa* na América Central, durante a década de 80, principalmente em regiões que sofreram intensa exploração. No seu programa de conservação da diversidade genética, as sementes coletadas foram distribuídas para a implantação de testes genéticos e estabelecimento de bancos de conservação com a participação de empresas e instituições governamentais de diversos países da América Latina, inclusive o Brasil.

2.3 ESTIMATIVA DOS PARÂMETROS GENÉTICOS

Os testes de progênies de polinização livre, visando obter estimativas de parâmetros genéticos, são os mais utilizados em espécies florestais. Isso ocorre devido à sua facilidade de instalação, em relação a testes de progênies de polinização controlada, custos menores, e por atenderem aos objetivos de determinação da capacidade geral de combinação e parâmetros genéticos. A estimação de parâmetros genéticos de populações em testes de progênies é um dos objetivos, quando testam-se árvores matrizes, visando a produção de sementes melhoradas (KAGEYAMA, 1977, p.11).

Os parâmetros genéticos que interessam ao melhorista e que são freqüentemente visados nos estudos de progênies são as variâncias genéticas e seus componentes aditivos e não aditivos, o coeficiente de herdabilidade, tanto no sentido amplo como restrito, as interações dos efeitos genéticos e ambientais e, finalmente, as correlações genéticas entre características (VENCOVSKY, 1969, p.22). As condições essenciais para que as estimativas dos parâmetros genéticos sejam generalizadas para uma população, é que as amostras da população sejam tomadas aleatoriamente, que se considerem os indivíduos amostrados com um determinado grau de parentesco e que tanto os indivíduos que constituem o material experimental, como os indivíduos da população base devem ser não endocruzados (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992, p.6).

2.3.1 VARIÂNCIA FENOTÍPICA E GENOTÍPICA

O estudo da variação total e a estimativa dos seus componentes, possibilitam ao melhorista o conhecimento da estrutura genética do material em teste, a contribuição genética na variação total para cada característica, bem como o progresso potencial quando da seleção por determinado método de melhoramento (FONSECA *et al.* 1979, p.10). A variância fenotípica pode ser decomposta em três componentes principais (VENCOVSKY, 1969, p.22 e 25): variação produzida pelo ambiente; variação devido às diferenças na hereditariedade e variação devido aos efeitos conjugados do meio e da hereditariedade.

A variância hereditária pode ser decomposta em três partes principais (FALCONER, 1987, p.106): variância genética aditiva que se origina dos efeitos aditivos dos alelos dos locos segregantes; variância causada pelos desvios da dominância, devido à interação entre os alelos de cada loco segregante e a variância causada pelos desvios epistáticos, resultantes da interação não alélica de dois ou mais locos segregantes. A variância genética aditiva é o principal fator determinante das propriedades genéticas da população e da resposta da população à seleção (ZOBEL; TALBERT, 1984, p.127).

Para a estimativa dos componentes da variância genética, é essencial que indivíduos aparentados sejam gerados a partir de parentais amostrados em uma população. Da covariância entre esses indivíduos aparentados são estimadas as variâncias genéticas da população base. Dessa forma, qualquer componente da variância entre grupos de indivíduos aparentados é igual à covariância dos membros dentro desses grupos. A variância entre médias de famílias de meios-irmãos estima, portanto, a covariância genotípica de meio-

irmãos, que equivale aproximadamente a um quarto da variância aditiva (VENCOVSKY, 1969, p. 22 e 25).

NAMKOONG (1966, p. 8 e 13) levanta restrições sobre a estimativa de variâncias genéticas aditivas da população através da utilização de sementes de polinização livre. Se a endogamia prevalecer, o teste de progênies de polinização livre proporcionará uma superestimativa das variâncias genéticas. Porém, esse problema é reduzido, considerando-se que grande parte das autofecundações seriam eliminadas, tanto na fecundação como por competição na fase de viveiro.

2.3.2 HERDABILIDADE

A herdabilidade indica o grau com que os indivíduos passam suas características à descendência. Através do coeficiente de herdabilidade (h^2) é possível inferir sobre o controle genético dos caracteres; informação de grande utilidade na predição do ganho genético (WRIGHT, 1976, p.162). Este parâmetro genético pode ser calculado a partir da covariância entre matrizes e progênies ou através da estimação da variância num teste de progênies. O valor da herdabilidade não é propriedade de um caráter, mas de uma população sob determinadas condições ambientais (incluindo-se aí a idade) em que os indivíduos se desenvolvem. São os componentes da variância, as herdabilidades e as acurácias que permitem determinar os métodos mais eficientes de seleção e melhoramento a serem utilizados num programa de melhoramento (RESENDE *et al.* 1994).

A herdabilidade pode ser calculada nos sentidos amplo e restrito. No sentido amplo, expressa a proporção da variância genética total em relação a variância fenotípica determinada e corresponde, usualmente, à herdabilidade em descendências propagadas vegetativamente. A herdabilidade no sentido restrito é determinada pela relação entre a variância genética aditiva e a variância fenotípica, sendo útil para a previsão do ganho genético por geração, com seleção de matrizes praticada em diferente graus de intensidade. É um dos mais importantes parâmetros genéticos, na escolha do tipo mais eficiente de seleção. Os valores da herdabilidade são expressos numa escala de "0 a 1" (WRIGHT, 1976; p.161).

Valores elevados de herdabilidade indicam que o controle genético é alto e que mudanças no ambiente influem pouco no fenótipo (VENCOVSKY, 1978, p.122). Um alto valor de herdabilidade indica boa possibilidade de ganho, pois o progresso esperado através da seleção depende diretamente da herdabilidade da característica, da intensidade de seleção e, inversamente, do desvio padrão fenotípico da característica (DUDLEY, MOLL 1969, p. 257).

Estimativas de herdabilidade no sentido restrito, ao nível de planta individual, para características de crescimento e de densidade básica da madeira de várias espécies florestais foram apresentadas por KAGEYAMA (1980, p.81) e MORAES (1987, p.78). Com base nessas estimativas, pode-se inferir que altura, DAP e volume das árvores são características geralmente sujeitas a um controle genético de fraco a moderado. A densidade da madeira, por sua vez, é uma característica de alta herdabilidade. Resultados similares foram observados por BRITO *et al.* (1978, p.106) e STURION (1993, p.69).

Quando da transformação dos testes de progênies em pomares de sementes por mudas, é importante obter estimativas dos coeficientes de herdabilidade, pois tais estimativas permitem determinar quais são as características que em diferentes estratégias de seleção terão as maiores possibilidades de ganho genético. Estimativas de herdabilidade são restritas à população, às características e ao ambiente para o qual foram determinadas (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992, p.84).

2.4 CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERÍSTICAS E INTERAÇÃO GENÓTIPO X AMBIENTE

O coeficiente de correlação genética mede o grau de associação genética entre dois caracteres quantitativos em determinada população. É de grande utilidade quando um caráter desejável é difícil de ser selecionado, devido à dificuldade de identificação e medição ou por possuir baixa herdabilidade. A utilização de um caráter correlacionado com alta herdabilidade e facilmente mensurável, possibilita maior eficiência na seleção (KAGEYAMA, 1980, p.94).

Em estudos genéticos é necessário distinguir duas causas da correlação entre caracteres: genética e ambiental. A causa genética da correlação é principalmente a pleiotropia, embora ligações genéticas possam ser a causa de correlações transitórias, especialmente em populações derivadas de cruzamento entre linhagens divergentes (FALCONER, 1987, p.237). Pleiotropia é a propriedade pela qual um gene afeta dois ou mais caracteres, de maneira que, se o gene estiver segregando, ele causará uma variação simultânea nos caracteres por ele afetados. O ambiente é uma causa da correlação quando dois

caracteres são influenciados pelas mesmas variações ambientais (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992, p. 336).

A associação entre dois caracteres, quando pode ser diretamente observada é denominada de correlação fenotípica, que é determinada medindo-se os dois caracteres em indivíduos da população (VENCOVSKY, 1978, p.122).

As correlações genéticas e fenotípicas entre características de crescimento são positivas e de alta magnitude, demonstrando que as mesmas podem ser consideradas como uma única seleção, sem grande prejuízo para qualquer das características (VENCOVSKY, 1978, p.122). Correlações não significativas indicam a independência entre características (VENCOVSKY, 1978, p.122). Dependendo do sentido da seleção de cada caráter, as correlações negativas altas podem prejudicar a seleção simultânea e, portanto, merecem cuidado especial na seleção. O fato das correlações genéticas e fenotípicas entre características de crescimento serem fortes e próximas à unidade, mostram que, provavelmente, existe pleiotropia para o controle genético dessas características KAGEYAMA (1980, p.94). Entretanto, as correlações entre as características de crescimento e de densidade básica da madeira apresentam de modo geral resultados opostos, ou seja, correlações negativas para *P. taeda*, *P. deltoides* e *E. grandis* (KAGEYAMA, 1980, p.30). MORAES (1987, p.23), observou em *Eucalyptus grandis*, que as correlações genéticas entre as características de crescimento (HT, DAP e VOL) e a densidade básica da madeira foram negativas de pequena magnitude. Resultados semelhantes foram observados por STURION (1993, p.83) e KAGEYAMA (1980, p.94).

A interação genótipo x ambiente pode ser definida como a variação entre genótipos em sua resposta as diferentes condições ambientais (MATHESON; RAYMOND, 1986, p.285). Entretanto, a magnitude da estimativa deste tipo de interação, depende das características específicas dos locais envolvidos em cada observação, principalmente em relação à temperatura, precipitação e tipo de solo. Portanto, é importante que se conheça a magnitude desse efeito nas regiões indicadas para o cultivo da espécie (ZOBEL; TALBERT, 1984, p.57).

Estudando o comportamento de procedências de *P. oocarpa* em Agudos, SP, KAGEYAMA (1977, p.23), estabeleceu associações de algumas características com dados geográficos e climáticos dos locais de origem das sementes. Foi verificado que o crescimento em altura das procedências estava associado com as variações de altitude, precipitação pluviométrica e duração do período seco, enquanto que a retidão do fuste mostrou associação com a latitude e longitude desses locais.

2.5 ACURÁCIAS E INTERVALO DE CONFIANÇA DO GANHO GENÉTICO

A acurácia corresponde à correlação entre o valor genético verdadeiro e o índice de seleção utilizado para estimá-lo. Esse parâmetro permite discernir com segurança o método de seleção que conduz as maiores possibilidades de ganhos genéticos. O ganho genético é diretamente proporcional à acurácia, e quanto maior a acurácia, maior a precisão da seleção (RESENDE *et al.* 1995).

O termo valor genético refere-se ao mérito genético aditivo dos indivíduos, equivalendo à soma dos efeitos médios dos genes que eles

possuem. Os valores genéticos são estimados através da utilização de todas as informações disponíveis a respeito dos indivíduos que serão submetidos a seleção. Essas podem ser avaliações repetidas no mesmo indivíduo em diferentes estágios de desenvolvimento, avaliações provenientes de seus parentes, ou avaliações de outros caracteres no indivíduo e em seus parentes (RESENDE; HIGA, 1994, p.13).

O intervalo de confiança do ganho genético é calculado com base na acurácia, no ganho genético do método de seleção considerado e também no número de indivíduos selecionados. É de grande utilidade prática, pois permite considerar, simultaneamente, o ganho genético e a acurácia. Para a comparação do ganho genético dos métodos de seleção, deve-se considerar os limites inferiores dos intervalos de confiança, pois permitem maior segurança na seleção (RESENDE *et al.* 1995).

2.6 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA

Na maioria dos testes genéticos, com espécies florestais, as características de adaptação, crescimento, forma do fuste e qualidade da madeira são os fatores que definirão a seleção de árvores. Com relação à qualidade da madeira destaca-se a densidade básica, devido à facilidade de sua determinação e a relação com importantes aspectos tecnológicos e econômicos, como a resistência mecânica, a produção e qualidade da polpa (BARRICHELO 1979, p.6), a produção e a qualidade do carvão vegetal (BRITO; BARRICHELO, 1980, p.121) e o poder calorífico da madeira (BRITO; BARRICHELO, 1982, p.101).

Em espécies florestais há, normalmente, grande variação na densidade da madeira. Este caráter é ideal para ser manipulado geneticamente, devido à alta herdabilidade e baixa interação genótipo x ambiente, o que favorece a obtenção de bons ganhos (ZOBEL; TALBERT, 1984, p.379).

A densidade básica da madeira pode ser melhorada através da seleção massal, enquanto que a seleção entre famílias seria mais eficiente para características de menor herdabilidade como a altura, DAP e volume. FOELKEL *et al.* (1971, p.65), avaliando a densidade básica da madeira de *P. oocarpa* em diferentes idades, concluíram que a densidade aumentou proporcionalmente com a idade das árvores. A densidade da madeira de uma árvore não é homogênea. Ela varia da medula para a casca e com a altura no tronco (BARRICHELO, 1979, p.6). Os valores médios de densidade da madeira, através de seções transversais retiradas ao longo do tronco, mostram que a densidade tende a diminuir com a altura das árvores para *P. caribaea* var. *hondurensis* e *P. oocarpa*, nas idades de 6, 12, e 13 anos (AMARAL *et al.* 1977, p.53). Estas variações dificultam as determinações da densidade média da árvore, tornando necessária a coleta de amostras em várias posições, aumentando o número de amostras a serem coletadas. No entanto, em virtude das variações normais da densidade com a altura da árvore, é provável que numa determinada altura do tronco se consiga uma amostra que possa ser utilizada para se estimar, com boa precisão, a densidade básica média da árvore, reduzindo assim o número de amostras. STURION (1993, p.97) concluiu que a densidade básica da madeira obtida a partir de baguetas retiradas à altura de 1,30 m de árvores de *E. viminalis*, apresentam correlação superior a 83 % com a densidade básica da árvore. Em outro estudo, este autor, concluiu que a

densidade básica média da madeira de 11 espécies de *Eucalyptus*, de baguetas retiradas à altura de 1,30 m da árvore, também apresentaram elevado coeficiente de correlação com a densidade básica das árvores (STURION *et al.* 1987, p.28).

A densidade básica da madeira é um importante fator a ser considerado na produção de celulose e papel. A velocidade de impregnação da madeira pelo licor de cozimento e a conseqüente deslignificação são influenciadas pela densidade (MORAES, 1987). Sua determinação proporciona uma indicação do ponto ótimo de produção de celulose a um dado grau de deslignificação, bem como indica o comportamento de algumas propriedades físicas do papel, tais como lisura, resistência ao estouro, comprimento de auto-ruptura, resistência à dobra, resistência ao rasgo e cor do papel (BRITO *et al.* 1978, p.100).

Segundo BARRICHELO (1979, p.6), a partir de madeira com baixa densidade é mais fácil a obtenção de polpa, porque as paredes celulares são mais finas, o que facilita o isolamento da lignina, por torná-la mais acessível aos reagentes químicos. Neste caso, há menores teores de extrativos, propiciando um maior rendimento da polpa, para um número padrão de kappa. ARBUTHNOT (1991, p.966) ressaltou que a madeira de maior densidade produz fibras com espessura da parede celular que não colapsam tão prontamente durante o refinamento, como as paredes finas das fibras provenientes de madeira de baixa densidade. Diversos autores apresentam resultados de pesquisa, mostrando as relações entre rendimentos e qualidade de celulose com a densidade básica da madeira, entre eles pode-se citar WRIGHT *et al.* (1986, p.21), WRIGHT *et al.*

(1988, p.123), WRIGHT *et al.* (1989, p.5); BRITO *et al.* (1978, p.95); BARRICHELO (1979, p.6).

2.7 DIMENSÕES DE FIBRAS

Entre as características anatômicas da madeira que influenciam a qualidade da celulose e papel estão o comprimento, largura e espessura da parede da fibra (KUAN *et al.* 1981, p.565). O comprimento e a espessura das fibras, têm alta correlação com a resistência da celulose e do papel. As fibras de paredes delgadas têm uma maior capacidade de sofrerem colapso e adquirem a forma de fita durante os processos de compressão na formação de folhas de papel. Desse modo, aumentam a resistência do papel pela maior capacidade de ligação interfibras. As fibras de paredes espessas não sofrem colapso e mantêm suas formas tubulares na estrutura do papel, resultando numa diminuição de sua resistência (BRITO *et al.* 1978, p.100).

As relações entre as dimensões das fibras são fundamentais na interpretação da qualidade da celulose e papel. Dessa maneira, o índice de enfieltamento², coeficiente de flexibilidade³, fração da parede⁴ e índice de Runkel⁵ foram criados para exprimir tais relações (MUÑIZ, 1986, p.150).

O índice de enfieltamento não possui um amplo espectro de variações porque, normalmente fibras mais longas são também mais largas. Quanto maior

² índice de enfieltamento é a relação entre o comprimento médio e a largura média da fibra;

³ coeficiente de flexibilidade é a relação percentual entre a largura média do lúmen e a largura média das fibras;

⁴ fração da parede é a relação percentual entre duas vezes a espessura média das paredes e a largura média das fibras;

⁵ índice de Runkel é a relação entre duas vezes a espessura média das paredes das fibras e a largura média do lúmen.

o índice de flexibilidade, mais flexível torna-se a fibra, ocorrendo assim maior possibilidade de ligações inter-fibras na fabricação da folha de papel. Com isso, aumenta-se a resistência à tração e ao arrebentamento, e o peso específico da folha (BRITO *et al.* 1978, p.100). Quando a fração da parede de um material fibroso superar 40%, este não fornecerá celulose de qualidade satisfatória, visto que as fibras serão extremamente rígidas, pouco flexíveis e haverá dificuldade de ligação entre as mesmas. Há uma correlação positiva entre a fração da parede e a resistência ao rasgo (BRITO *et al.* 1978, p.100).

Diversos trabalhos que caracterizaram as propriedades anatômicas e morfológicas da madeira de várias espécies de *Pinus*, indicam um alto grau de correlação entre tais propriedades e a qualidade do papel, entre eles, MUÑIZ (1986, p.150) e KUAN *et al.* (1983, p.565).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

As sementes de *P. oocarpa* foram coletadas pela CAMCORE, com a participação do Banco de Semillas Forestales (BANSEFOR), da Guatemala, e da Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), de Honduras. A relação das procedências e das testemunhas, número de progênies de meio-irmãos e sua localização geográfica são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE COLETA DAS PROCEDÊNCIAS DE *P. oocarpa* E TESTEMUNHAS TESTADAS EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIA	Nº de Prog.	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO (mm)
San Luís Jilotepeque-Guatemala	8	14° 37' N	89° 46' W	950-1010	895
El Castaño - Guatemala	8	15° 01' N	90° 09' W	930-1330	900*
Tablazon - Honduras	6	14° 09' N	87° 37' W	960-1120	1548
Guaimaca - Honduras	8	14° 32' N	86° 48' W	800-1040	1250
San Marcos - Honduras	8	13° 24' N	86° 51' W	1040-1200	877
Las Crucitas - Honduras	8	14° 07' N	86° 37' W	1010-1110	1169
La Campa - Honduras	8	14° 28' N	88° 35' W	1110-1405	1550*
CO 202-(M P R) - Belize ^a	-	17° 00' N	88° 55' W	700	-
BR 405 - Agudos, Brasil ^b	-	22° 22' S	48° 52' W	550	1523

^a *P. tecunumanii*, ^b *P. oocarpa*, * valores estimados

Fonte: (DVORAK & DONAHUE, 1992)

Foram incluídas duas testemunhas: *P. tecunumanii* de Mountain Pine Ridge, Belize (CO 202), e *P. oocarpa* de uma área de produção de sementes, em Agudos, SP (BR 405), de origem desconhecida.

As sementes foram coletadas em regiões predominantemente secas, observando-se a distância mínima de 100 m entre árvores matrizes, em populações com as seguintes características:

- a) San Luís - (Guatemala): população de boa qualidade fenotípica (copa bem formada e fuste reto);

- b) El Castaño (Guatemala): também conhecido como Bucaral, nas coletas anteriores, realizadas pelo Commonwealth Forestry Institute de Oxford, Inglaterra. A população era jovem e excessivamente densa e as sementes foram coletadas em árvores maduras;
- c) Tablazon (Honduras): apesar de apresentar uma precipitação média anual de 1548 mm, esse local caracteriza-se por secas pronunciadas, devido a baixas precipitações em alguns anos, como em 1972 (750 mm); 1976 (197 mm) e 1977 (398 mm). A população localizava-se no flanco de uma montanha, em solo pobre. As árvores apresentavam copa ligeiramente arredondada, formando um povoamento de qualidade fenotípica média, com poucas árvores de bom fenótipo;
- d) Guaimaca (Honduras): povoamento composto por árvores de qualidade fenotípica média;
- e) San Marcos (Honduras): povoamento submetido a intenso pastoreio e, aparentemente, sofria queimadas regulares, apresentando árvores de qualidade fenotípica média;
- f) Las Crucitas (Honduras): povoamento de qualidade fenotípica geral baixa, situado em solo rochoso de baixa fertilidade. A área vinha sendo utilizada para pastoreio, com queimadas frequentes;
- g) La Campa (Honduras): esta era a população de pior qualidade fenotípica, entre as procedências deste estudo. As árvores eram velhas, vegetando em solos rasos com camada argilosa de impedimento a 30 cm de profundidade.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 INSTALAÇÃO DO ENSAIO

O ensaio foi implantado em Angatuba, SP, em área do Instituto Florestal, localizada a 23°29' de latitude (S) e 48°25' de longitude (W), em altitude de 900 m. A vegetação original era típica de cerrado e o solo do tipo RPV - RLV (Regossolo em transição para Podzólico Vermelho Amarelo distrófico e álico e para Latossolo Vermelho Amarelo distrófico e álico, grupamento indiscriminado), cujas características físico químicas encontram-se na tabela 2.

TABELA 2 - CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DO SOLO DO EXPERIMENTO DE *P. oocarpa* EM ANGATUBA, SP.

IDENTIFICAÇÃO		c. mol c /dm ³						mg/dm ³	g/dm ³	%	%
DAS	pH										
AMOSTRAS	CaCl ₂ (0,01M)	Al ³⁺	H + Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	T	P	C	m	V
BLOCOS I e IX	4,0	1,5	6,6	0,5	0,7	0,05	7,9	2,0	12	54,5	15,9
BLOCOS III e VI	3,9	1,4	7,2	0,6	0,6	0,05	8,5	2,0	14	52,8	14,8

onde: v = saturação de bases; m = percentagem de alumínio em relação as bases

O clima da região de Angatuba, SP, é classificado pelo sistema Koeppen, como do tipo Cfb. A temperatura média anual é de 17,5°C, máxima absoluta de 21°C (Janeiro), mínima absoluta de 14°C (junho) e precipitação de 1190 mm (GOBBO *et al.* 1988, p.19).

As mudas foram produzidas no viveiro da EMBRAPA, DF, em Planaltina, por semeadura direta em recipiente de plástico com substrato originado de um Latossolo Vermelho Escuro. A adubação em viveiro foi de NPK, na proporção 4:16:8, enriquecida com boro e zinco, na dosagem de 500 mg por recipiente, antes da semeadura, e aos 45 e 90 dias posteriores. O solo foi

preparado com aração e gradagem e o plantio efetuado oito meses após a semeadura, em março de 1984, em espaçamento 3 m x 3 m.

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado para a instalação do teste de procedências e progênies foi o de blocos incompletos chamados por PANSE; SUKTAME (1964, p.240) de blocos de famílias compactas (*compact family blocks*), com nove repetições e parcelas lineares de seis plantas. Este delineamento é similar ao de parcelas subdivididas, onde as parcelas são as procedências e as subparcelas são as progênies, agrupadas dentro de cada procedência.

Segundo WRIGHT (1976, p.166), os testes de progênies de polinização livre deveriam conter pelo menos 100 famílias. Entretanto, em espécies florestais, a maioria dos testes utiliza um número menor de famílias, fato que pode superestimar os parâmetros genéticos obtidos a partir destas amostras. VENCOVSKY (1969, p.17-37) ressalta a necessidade que a amostragem seja tomada ao acaso da população base e que os indivíduos que constituem o material experimental devem ser não endocruzados. O ensaio de *P. oocarpa* em Angatuba, SP, testou 54 progênies tomadas ao acaso nas sete populações estudadas, condição essencial para que as estimativas dos parâmetros genéticos possam ser generalizadas para essas populações.

3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL

No primeiro ano após o plantio, foram avaliados a altura e a sobrevivência. No terceiro e quinto ano, foram avaliados, além dessas variáveis, o DAP (diâmetro à altura do peito). No nono ano foi feita a avaliação final pelos padrões estabelecidos pela CAMCORE que inclui, além das variáveis mencionadas, a forma do fuste, diâmetros do galho, copa quebrada e bifurcação. Adicionalmente, foram determinadas a densidade básica da madeira e algumas características morfológicas das fibras como coeficientes de flexibilidade, índice de enfeltramento, índice de Runkel e fração da parede das fibras.

Os dados para altura, DAP, volume, forma do fuste; diâmetros dos galhos e densidade básica da madeira, foram obtidos ao nível de plantas individuais, enquanto que a bifurcação, copa quebrada e sobrevivência, os dados foram obtidos ao nível de média da parcela de seis plantas. O volume da procedência foi obtido através da combinação da altura, DAP, sobrevivência e um fator de forma de 0,4.

A altura das árvores foi estimada com o hipsômetro de Blume-Leiss e o DAP foi medido com fita diamétrica. Para as características forma do fuste e diâmetro dos galhos, foram utilizados critérios subjetivos, avaliação visual, atribuindo-se notas de 1 a 3 segundo normas recomendadas pela CAMCORE, a seguir discriminadas:

Forma do fuste :

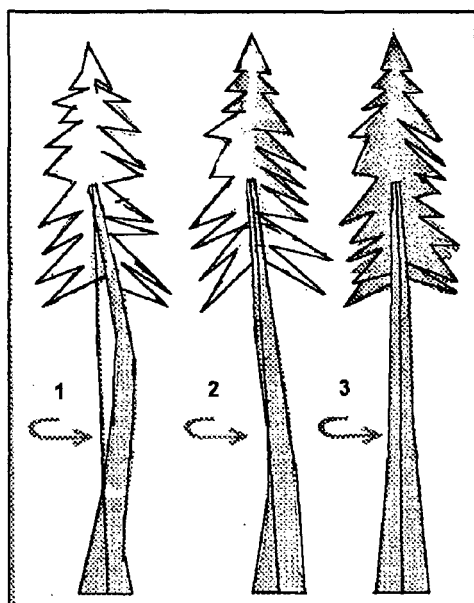
- a) Nota 1: tronco com defeito grave, tronco muito tortuoso;
- b) Nota 2: tronco com defeito visível; tronco com tortuosidade média;
- c) Nota 3: tronco sem defeito; tronco tendendo à retidão ou reto.

Considerou-se como defeito na forma do tronco, o seu grau de curvatura, analisando-se todo o comprimento do mesmo (Figura 3).

Diâmetro dos galhos:

- a) Nota 1: galhos mais grossos do que à média;
- b) Nota 2: galhos médios;
- c) Nota 3: galhos mais finos do que à média.

FIGURA 3 - CRITÉRIOS RECOMENDADOS PELA CAMCORE PARA A AVALIAÇÃO DA FORMA DO FUSTE



O esquema de avaliação subjetiva, apesar de discutível, é uma das alternativas na coleta de dados para características tais como a forma de tronco e o diâmetro de galhos. Alguns trabalhos têm utilizado sistemas similares (KAGEYAMA, 1979; p.33, MASSAKI, 1979; p.37).

As características de sobrevivência, copa quebrada e bifurcação foram estimadas para cada progênie e expressas em termos percentuais (%), em

relação ao número total de árvores da progênie. Portanto, ao nível de médias de parcelas. Com base no teste de BARTLETT, optou-se em transformar os dados pela relação $\text{arc sen } \sqrt{\frac{p}{n}}$, afim de obter-se a normalidade e homogeneidade de variância.

Para determinação da densidade básica da madeira e do comprimento das fibras, foram retiradas baguetas com 0,5 cm de diâmetro, com trado de incremento, numa amostragem aleatória de três árvores por parcela, em quatro dos blocos. As baguetas foram retiradas à altura do peito (1,30 m do solo), de casca a casca, na direção norte-sul, e acondicionadas em sacos plásticos preenchidos parcialmente com água. Os sacos plásticos foram vedados com fita crepe e colocados em caixas de isopor. O cálculo da densidade básica da madeira seguiu o método do máximo teor de umidade, de acordo com FOELKEL *et al.* (1971, p.65):

$$d = \frac{PU}{PS} \quad \text{onde,}$$

d_b = densidade básica, em g/cm³

PU = peso úmido da amostra, em g

PS = peso absolutamente seco da amostra, em g

As características das fibras foram determinadas através de amostras compostas das baguetas ao nível de procedência. Após a maceração e preparo das lâminas, foram mensuradas as seguintes variáveis: Comprimento da fibra (C), largura da fibra (L), diâmetro do lúmen (DL) e espessura da parede das fibras (EP). A partir destes valores foram calculadas as seguintes relações: índice de enfeltramento (C/L), coeficiente de flexibilidade (100 DL/L), fração da parede (200 EP/L) e índice de Runkel (EP/DL.200).

3.2.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA

A análise de variância para as característica em estudo, foi realizada conforme o esquema apresentado por RESENDE; ARAÚJO (1993, p.37), obedecendo o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + p_i + f_{j(i)} + b_k + pb_{ik} + fb_{j(i)k} + d_{(ijkl)}$$

Y_{ijkl} = observação da planta l, da procedência i, da progênie j, na repetição k;

μ = média geral da população;

p_i = o efeito da procedência i, com $i = 1, 2, 3 \dots 7$;

$f_{j(i)}$ = efeito da progênie j, dentro da procedência i;

b_k = efeito do bloco k; com $k = 1, 2, 3 \dots 9$; para DEN $k = 1, 2 \dots 4$

pb_{ik} = interação da procedência i, com o bloco k;

$fb_{j(i)k}$ = interação da família j, dentro da procedência i, com o bloco k;

$d_{(ijkl)}$ = efeito entre plantas dentro de parcela, associado ao indivíduo l, da progênie j, da procedência i, na repetição k.

O esquema de análise de variância utilizado para os blocos de famílias compactas, ao nível de médias de parcelas neste estudo, seguiu o modelo sugerido RESENDE; ARAUJO (1993, p.38) e encontra-se na tabela 3:

TABELA 3 - ESQUEMA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO UTILIZADO, COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS

F.V	GL	QM	E(QM)	F
BLOCOS	b-1	Q ₁	$\sigma_b^2 + f\sigma_a^2 + fp\sigma_r^2$	Q ₁ /Q ₃
PROCEDÊNCIAS	p-1	Q ₂	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p}^2 + f\sigma_a^2 + fb\sigma_p^2$	Q ₂ /Q ₃
ERRO (a)	(b-1)(p-1)	Q ₃	$\sigma_b^2 + f\sigma_a^2$	
PROG/PROC	$\sum_i (f_i - 1)$	Q ₄	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p}^2$	Q ₄ /Q ₁₂
PROG/PROC 1	f ₁ - 1	Q ₅	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_1}^2$	Q ₅ /Q ₁₂
PROG/PROC 2	f ₂ - 1	Q ₆	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_2}^2$	Q ₆ /Q ₁₂
PROG/PROC 3	f ₃ - 1	Q ₇	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_3}^2$	Q ₇ /Q ₁₂
PROG/PROC 4	f ₄ - 1	Q ₈	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_4}^2$	Q ₈ /Q ₁₂
PROG/PROC 5	f ₅ - 1	Q ₉	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_5}^2$	Q ₉ /Q ₁₂
PROG/PROC 6	f ₆ - 1	Q ₁₀	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_6}^2$	Q ₁₀ /Q ₁₂
PROG/PROC 7	f ₇ - 1	Q ₁₁	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_7}^2$	Q ₁₁ /Q ₁₂
ERRO (b)	$(b-1)\left(\sum_i f_i - p\right)$	Q ₁₂	σ_b^2	
TOTAL	$\left(b\sum_i f_i\right) - 1$			

onde:

p = n° de procedências;

b = n° de blocos;

f_i = número de progênies na procedência i;

σ_p^2 = variância entre procedências;

$\sigma_{f/p}^2$ = variância entre progênies dentro de procedências;

σ_r^2 = variância entre blocos;

σ_a^2 = variância do erro a (variância do erro entre procedências);

σ_b^2 = variância do erro b (variância da interação progênies x bloco)

Segundo PANSE; SUKTAME (1964, p.240), a análise de um ensaio em blocos de famílias compactas deve ser efetuada em duas etapas distintas. Inicialmente a nível de procedência e posteriormente a nível de famílias dentro de cada procedência. Uma análise única para progênies e procedências, considerando-se uma estimativa combinada do erro, poderia levar a

superestimativas em algumas procedências e subestimativas em outras, posto que a variância do erro pode diferir significativamente de procedência para procedência. Mesmo no caso em que as variâncias do erro não diferem significativamente, não é apropriado, segundo esses autores, efetuar uma prova conjunta de significância das diferenças entre progênies dentro de procedências, pois as diferenças de progênies podem ser significativas em algumas procedências e não significativas em outras, resultando numa falsa estimativa do erro.

O emprego de programas estatísticos para a análise de experimentos florestais, levantou o problema de que muitas vezes os programas são desenvolvidos para determinadas situações e materiais, não se adaptando satisfatoriamente a outros grupo de dados. RESENDE; ARAUJO (1993, p.38) enfatizam a necessidade de se partir de um modelo específico, desenvolvido para situação específica, de onde deverá ser derivada a análise de variância. Neste estudo, foi utilizado o programa desenvolvido por RESENDE *et al.* (1994a) denominado SELEGEN.

3.2.5 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS

O cálculo e a interpretação de parâmetros genéticos para as progênies dentro das procedências de *P. oocarpa*, seguiram a metodologia descrita por VENCOVSKY (1978, p.122-201) e encontram-se na tabela 4.

TABELA 4 - ESTIMATIVA DOS COMPONENTES DE VARIÂNCIA E DO ERRO AO NÍVEL DE PROGÊNIES DENTRO DE PROCEDÊNCIA.

PARAMETROS GENÉTICOS	EXPRESSÕES PARA AS ESTIMATIVAS
$\hat{\sigma}_p^2$ = variância genética entre progênies de meio-irmãos	$(Q_4 - Q_{12})/r$
$S(h_f^2)$ = erro associado à estimativa h_f^2	$s(h_f^2) = \left(\frac{2}{n_1 + 2} + \frac{2}{n_2 + 2} \right)^{1/2} \cdot (1 - h_f^2)$
$\hat{\sigma}_A^2$ = variância genética aditiva	$4[(Q_4 - Q_{12})/r]$
$\hat{\sigma}_e^2$ = variância ambiental entre parcelas	$(Q_{12} - \sigma_d^2 / n)$
$\hat{\sigma}_d^2$ = variância fenotípica entre plantas dentro de parcelas	
n = número de progênies	
n_1 = graus de liberdade para progênies	
n_2 = graus de liberdade do erro experimental	

3.2.6 ESTIMATIVA DOS COEFICIENTES DE HERDABILIDADE

Os coeficientes de herdabilidade associados aos diferentes efeitos do modelo linear dentro de cada procedência foram estimados pelas seguintes expressões (RESENDE; HIGA, 1994 b, p.54 - 55):

a) Herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo na parcela

(h_d^2):

$$h_d^2 = \frac{3/4 \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_d^2}$$

b) Herdabilidade no sentido restrito ao nível de progênie (h_f^2)

$$h_f^2 = \frac{(3 + nb) / (4nb) \hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{b} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{nb}}$$

sendo:

n = número de plantas/parcela

b = número de blocos

c) Herdabilidade no sentido restrito ao nível parcela (h_p^2)

$$h_p^2 = \frac{[3/(4n)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_e^2 + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{n}}$$

d) Herdabilidade no sentido restrito ao nível de blocos (h_b^2)

$$h_b^2 = \frac{[3/(4np)]\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_b^2 + \frac{\hat{\sigma}_e^2}{p} + \frac{\hat{\sigma}_d^2}{np}}$$

e) Herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo no bloco (h_{ib}^2)

$$h_{ib}^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2}$$

f) Herdabilidade no sentido restrito ao nível de plantas individuais no experimento (h_{ie}^2)

$$h_{ie}^2 = \frac{\hat{\sigma}_A^2}{\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2 + \hat{\sigma}_d^2 + \hat{\sigma}_b^2}$$

g) Erro associado à estimativa h_F^2

$$s(h_f^2) = \left(\frac{2}{n_1 + 2} + \frac{2}{n_2 + 2} \right)^{1/2} \cdot (1 - h_f^2)$$

3.2.7 ANÁLISE DE COVARIÂNCIA

O esquema de análise de covariância com as respectivas esperanças do produto médio, de acordo com VENCovsky; BARRIGA (1992, p.368), encontra-se na Tabela 5.

TABELA 5 - ESQUEMA DA ANÁLISE DE COVARIÂNCIA BASEADA EM DADOS OBTIDOS AO NÍVEL DE PLANTA

F.V	GL	PM	E(PM)
Repetições	r-1	P_1	$\hat{C}\hat{O}V_d + n\hat{C}\hat{O}V_e + np\hat{C}\hat{O}V_b$
Progênes	p-1	P_2	$\hat{C}\hat{O}V_d + n\hat{C}\hat{O}V_e + nr\hat{C}\hat{O}V_p$
Erro	(r-1)(p-1)	P_3	$\hat{C}\hat{O}V_d + n\hat{C}\hat{O}V_e$
Dentro	rp(n-1)	P_4	$\hat{C}\hat{O}V_d$

Onde :

PM = produto médio;

E (PM) = esperança do produto médio;

p = número de progênes;

r = número de repetições;

n = número de plantas por parcela;

P_2 = produto médio de progênes, entre as características x e y;

P_3 = produto médio do erro entre as características x e y;

P_4 = produto médio associado ao efeito de plantas dentro de parcelas, entre as características x e y;

$\hat{C}\hat{O}V_p$ = covariância genética entre progênes, referente a dois caracteres;

$\hat{C}\hat{O}V_e$ = covariância entre parcelas;

$\hat{C}\hat{O}V_d$ = covariância fenotípica entre plantas dentro de parcelas;

$\hat{C}\hat{O}V_b$ = covariância entre repetições.

As estimativas dos componentes de covariância para todas as combinações entre caracteres foram obtidas do seguinte modo:

$$\hat{C}\hat{O}V_p(x, y) = \frac{(P_2 - P_3)}{nr}$$

$$\hat{C}\hat{O}V_e(x, y) = \frac{(P_3 - P_4)}{n}$$

$$\hat{C}\hat{O}V_d(x, y) = P_4$$

Foram obtidas as seguintes estimativas:

a) Covariância genética aditiva entre os caracteres x e y

$$\hat{C}\hat{O}V_A(x, y) = 4\hat{C}\hat{O}V_p(x, y)$$

- b) Covariância fenotípica entre os caracteres x e y ao nível de médias de progênes

$$\hat{CÔV}_{\bar{F}}(x, y) = \hat{CÔV}_p + \frac{\hat{CÔV}_e}{r} + \frac{\hat{CÔV}_d}{nr}$$

3.2.8 ESTIMATIVA DE CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS

As correlações genéticas ao nível de indivíduos e fenotípicas ao nível de médias de famílias foram estimadas a partir das seguintes expressões (VENCOVSKY, 1978, p.185; FALCONER, 1987, p.239).

- a) Coeficiente de correlação genética aditiva (r_A)

$$r_{A_{xy}} = \frac{\hat{CÔV}_A(x, y)}{(\hat{\sigma}_{Ax}^2 \cdot \hat{\sigma}_{Ay}^2)^{1/2}}$$

sendo: $\hat{\sigma}_{Ax}^2$ = variância genética aditiva do caráter x
 $\hat{\sigma}_{Ay}^2$ = variância genética aditiva do caráter y

- b) Coeficiente de correlação ao nível de médias de progênes ($r_{\bar{F}}$)

$$r_{\bar{F}} = \frac{\hat{CÔV}_{\bar{F}}(x, y)}{(\hat{\sigma}_{\bar{F}x}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}y}^2)^{1/2}}$$

sendo: $\hat{\sigma}_{\bar{F}x}^2$ = variância fenotípica do caráter x, ao nível de médias de famílias
 $\hat{\sigma}_{\bar{F}y}^2$ = variância fenotípica do caráter y, ao nível de médias de famílias

c) Desvio padrão do coeficiente de correlação genética aditiva (FALCONER, 1987, p.239).

$$S(r_{Axy}) = \frac{1 - (r_{Axy})^2}{\sqrt{2}} \left[\frac{s(\hat{h}_{fx}^2) + s(\hat{h}_{fy}^2)}{\hat{h}_{fx}^2 \cdot \hat{h}_{fy}^2} \right]^{1/2}$$

onde:

$S(r_{Axy})$ = desvio padrão do coeficiente de correlação genética aditiva dos caracteres x e y;

r_{Axy} = coeficiente de correlação genética aditiva entre x e y;

$s(\hat{h}_{fx}^2)$ = desvio padrão do coeficiente de herdabilidade ao nível de famílias do caráter x;

$s(\hat{h}_{fy}^2)$ = desvio padrão do coeficiente de herdabilidade ao nível de famílias do caráter y;

\hat{h}_{fx}^2 = coeficiente de herdabilidade do caráter x, ao nível de famílias;

\hat{h}_{fy}^2 = coeficiente de herdabilidade do caráter y, ao nível de famílias;

3.2.9 PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO INDIVIDUAL

A seleção individual baseia-se no desvio do valor individual em relação a média geral do experimento ou do bloco, multiplicado pelo coeficiente de herdabilidade ao nível de indivíduo no experimento e de indivíduo no bloco. As expressões para estimar o progresso genético com seleção individual, adequada para experimentos com várias plantas por parcela foi apresentada por RESENDE; HIGA (1994 a, p.17):

$$I = h_{ie}^2 (X_{ijk} - \bar{X}_{...})$$

$$I = h_{ib}^2 (X_{ijk} - \bar{X}_{.j.})$$

I = valor genético

h_{ie}^2 = coeficiente de herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduos no experimento

X_{ijk} = valor do indivíduo k na parcela ij;

$\bar{X}_{...}$ = Média geral do experimento.

$\bar{X}_{.j.}$ = Média do bloco

3.2.10 PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO COMBINADA

A seleção combinada baseia-se na estimação de valores genéticos dos candidatos à seleção. A expressão para estimação do progresso genético com seleção baseada em desvios, adequada para experimentos com várias plantas por parcela foi deduzida por RESENDE; HIGA (1994 b, p.43).

O índice $I = h_d^2 \cdot X_{ijk} - h_d^2 - \bar{X}_{ij} + h_f^2 - \bar{X}_{i..} - h_f^2 - \bar{X}...$, corresponde à multiplicação dos valores fenotípicos referente ao indivíduo, média de parcela, média da família e média geral do experimento pelas respectivas herdabilidades.

Onde:

I = valor genético

$X_{i..}$ = média da família

$\bar{X}_{ij.}$ = média da parcela

$\bar{X}...$ = média geral do experimento

X_{ijk} = desvio do valor individual (parcela)

h_d^2 = herdabilidade no sentido restrito associado aos efeitos de indivíduos dentro de parcelas

h_f^2 = herdabilidade no sentido restrito ao nível de progênes

O progresso com seleção (GS) equivale à média dos valores genéticos (índices) dos indivíduos selecionados.

3.2.11 PROGRESSO GENÉTICO COM SELEÇÃO PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO

A seleção Índice Multi-efeito baseia-se na multiplicação dos valores fenotípicos referentes a indivíduo, média de parcela, média de família, média de bloco e média geral do experimento pelos coeficientes de ponderação dos índices (herdabilidades).

Os coeficientes de ponderação do índice são determinados de forma que a correlação entre o índice e o valor genético seja máxima. Essa

maximização ocorre através da regressão do valor genético sobre os valores fenotípicos, o que conduz a um sistema matricial (HENDERSON⁶ citado por RESENDE; HIGA, 1994a, p.14).

A expressão para estimação do progresso genético com seleção baseada em desvios, adequada para experimentos com várias plantas por parcela foi deduzida por RESENDE; HIGA (1994b, p.50):

$$I = h_d^2(Y_{ijk}) + (h_p^2 - h_d^2)\bar{X}_{ij} + (h_b^2 - h_p^2)\bar{X}_{j.} + (h_f^2 - h_p^2)\bar{X}_{i..} + (h_p^2 - h_b^2 - h_f^2)\bar{X}_{...}$$

onde:

Y_{ijk} = valor do indivíduo k na parcela ij;

$\bar{X}_{i..}$ = média da família no ensaio;

$\bar{X}_{ij.}$ = média da família em determinado bloco (média da parcela);

$\bar{X}_{j.}$ = média do bloco;

h_d^2 = herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduo dentro de parcela;

h_f^2 = herdabilidade no sentido restrito ao nível de progênie;

h_p^2 = herdabilidade no sentido restrito ao nível de parcela

h_b^2 = herdabilidade no sentido restrito ao nível bloco

O último termo da expressão do índice pode ser desconsiderado na obtenção dos índices, pois pondera uma constante, que não afeta o mérito genético.

3.2.12 ACURÁCIAS

Os estimadores para acurácia derivados para os diferentes métodos de seleção estão na Tabela 6, conforme RESENDE *et. al.* (1995).

⁶ HENDERSON, C.R. Selection index and expected genetic advance. In: Statistical genetics and plant breeding, W.D. HANSON & H. F. ROBINSON (eds.). NAS-NRC. n.982, Washington. p.141-161. 1963.

TABELA 6 - ESTIMADORES DA ACURÁCIA ASSOCIADA A DIFERENTES MÉTODOS DE SELEÇÃO

ESTIMADORES DA ACURÁCIA	
NO BLOCO	
INDIVIDUAL	$\frac{\sigma_A}{\sigma_{F_{ib}}}$
COMBINADA	$\left[\frac{n-1}{n} (1-r)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_d^2} + \frac{p-1}{p} \left(\frac{1+(nb-1)r}{nb} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} \right]^{1/2}$
MULTI-EFEITO	$\left[\frac{n-1}{n} (1-r)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_d^2} + \frac{p-1}{p} \left(\frac{1+(nb-1)r}{nb} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} + \left(\frac{b-1}{b} \right) \left(\frac{p-1}{p} \right) \left(\frac{1-r}{n} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma^2} \right]^{1/2}$
NO EXPERIMENTO	
INDIVIDUAL	$\frac{\sigma_A}{\sigma_{F_{ie}}}$
COMBINADA	$\left[\frac{n-1}{n} (1-r)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_d^2} + \frac{p-1}{p} \left(\frac{1+(nb-1)r}{nb} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} \right]^{1/2}$
MULTI-EFEITO	$\left[\frac{n-1}{n} (1-r)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_d^2} + \frac{p-1}{p} \left(\frac{1+(nb-1)r}{nb} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_F^2} + \left(\frac{b-1}{b} \right) \left(\frac{p-1}{p} \right) \left(\frac{1-r}{n} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma^2} + \left(\frac{b-1}{b} \right) \left(\frac{1-r}{np} \right)^2 \frac{\sigma_A^2}{\sigma_B^2} \right]^{1/2}$

onde:

σ_A^2 = Variância genética aditiva

σ_F^2 = variância fenotípica ao nível de média de família

σ_d^2 = variância entre plantas dentro de parcela

$\sigma_{F_{ib}}^2$ = variância fenotípica ao nível de indivíduo no bloco

$\sigma_{F_{ie}}^2$ = variância fenotípica ao nível de indivíduo no experimento

σ^2 = variância residual ao nível de parcela

σ_B^2 = variância fenotípica ao nível de médias de bloco (RESENDE; HIGA, 1994 b)

r = coeficiente de correlação genética entre indivíduos de uma mesma progênie (1/4 para meio-irmãos).

n , b e p = números de plantas por parcela, de blocos e progênies, respectivamente.

3.2.13 INTERVALO DE CONFIANÇA DE GANHO GENÉTICO

O intervalo de confiança de ganhos genéticos foram construídos considerando o estimador da variância do erro associado aos valores genéticos aditivos preditos.

RESENDE *et al.* 1995, revelam que a variância do erro associada ao valor genético médio dos indivíduos selecionados (ganho genético) equivale a:

$$\text{Var}(G_s) = E \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N A_i - \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \hat{A}_i \right]^2 = \frac{1}{N} [\sigma_A^2 (1 - r_{IA}^2)]$$

onde N é o número de indivíduos selecionados, r_{IA}^2 é a acurácia, A_i é o valor genético verdadeiro do indivíduo i, e \hat{A}_i é a estimativa de seu valor genético.

Assim, o intervalo de confiança (IC) do ganho genético foi construído através da expressão (RESENDE *et al.*, 1995).

$$IC = G_s \pm t \left[\frac{1}{n} [\sigma_A^2 (1 - r_{IA}^2)] \right]^{1/2}, \text{ onde } t \text{ é o valor tabelado associado à distribuição } t$$

de Student. Neste estudo, para 95 % de significância, $t = 1,96$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CRESCIMENTO EM ALTURA (HT), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME (VOL)

A análise de variância ao nível de progênies e procedências bem como a comparação das médias de procedências pelo teste de Tukey para HT, DAP e VOL são apresentados na Tabela 7.

TABELA 7 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ALTURA (HT), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME (VOL) DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	N	HT(m)			DAP(cm)			VOL (m ³ /árv)		
		\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	cv (%)	F ^a
Las Crucitas (Honduras)	8	17,5 AB	5,4	2,3**	23,2 A	6,5	2,1**	0,310 A	15,6	3,0**
Guaimaca (Honduras)	8	17,7 A	4,1	2,6**	23,1 A	4,8	0,9 ^{ns}	0,303 AB	10,7	1,4 ^{ns}
San Marcos (Honduras)	8	17,4 AB	4,5	1,3 ^{ns}	22,9 AB	6,0	1,7**	0,299 BC	14,2	1,5*
La Campa (Honduras)	8	17,3 AB	4,0	1,6**	22,9 AB	5,5	2,5**	0,296 C	12,6	2,4**
Tablazon (Honduras)	6	17,1 BC	4,8	1,7**	23,2 A	7,0	7,0**	0,293 CD	16,4	6,7**
San Luís (Guatemala)	8	16,7 C	5,6	2,7**	23,1 A	6,9	3,3**	0,292 D	16,5	3,6**
El Castaño (Guatemala)	8	16,7 C	5,0	2,4**	22,7 B	6,6	2,9**	0,282 E	15,3	2,7**
TEST 1 ^b	17	A			21,6 C			0,258 F		
TEST 2 ^c	17,8	A			22,4 BC			0,288 E		
Média Geral ^d	17,2 ^d				23,0 ^d			0,296 ^d		
F prog/proc (em conjunto)				1,6**			2,8**			3,1**
F proc (entre procedências)				1,2 ^{ns}			4,8**			4,3**

^a = F de progênies dentro de procedências, * = significativo a 5 % de probabilidade de erro, ** = significativo a 1 % de probabilidade de erro, ns = não significativo.

onde: N = número de progênies por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, ^b TEST 1: *P. tecunumanii* (Mountain Pine Ridge), ^c TEST 2: *P. oocarpa* (Agudos, SP), ^d Média geral da análise conjunta, não incluindo as testemunhas
Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey

A análise de variância para HT, indicou diferenças significativas ao nível de 5% (Teste F) entre progênies e de progênies dentro de procedência, exceto para a procedência San Marcos. DAP e VOL também apresentaram diferenças significativas entre as médias das 54 progênies, entre progênies dentro de procedências e entre procedências, exceto para a procedência Guaimaca (Tabela 7).

Resultados similares foram observados por LIMA (1990, p.21), em Felixlândia, MG, que aos seis anos de idade, detectou diferenças significativas entre progênies para altura, DAP e volume cilíndrico. Outros estudos também detectaram variabilidade genética para essas características nas diferentes populações de *P. oocarpa* introduzidas na região sul e sudeste do Brasil (KAGEYAMA, 1977; p.29; DVORAK; DONAHUE, 1992; p.24).

Os coeficientes de variação experimental ao nível de progênies dentro de procedências, para HT e DAP, variaram entre 4,0% e 7,0%. Para volume, esses coeficientes ficaram entre 10,7% e 16,5%. Segundo GOMES (1976, p.16), esses valores são baixos e indicam boa precisão para o ensaio e para o critério de avaliação (Tabela 7).

A comparação das médias de HT e DAP pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, revelou que existem diferenças significativas entre procedências (Tabela 7). Considerando que o ensaio visa a escolha de procedências com maior produtividade volumétrica, podem ser consideradas mais promissoras as procedências com média igual ou superior à média geral do experimento, que são Las Crucitas, Guaimaca, San Marcos e La

Campa. Estas são as procedências melhores para plantios imediatos, visando uma maior produção volumétrica.

Esta espécie é sensível ao tipo de solo, altitude e temperatura (DVORAK, DONAHUE, 1992, p.22). Em Angatuba, na área do ensaio, o solo é ácido (pH 4,0) e com deficiência em cálcio e magnésio (Tabela 2), porém as populações em estudo apresentaram maior produção volumétrica em relação aos plantios em solos ácidos e com estação seca prolongada, como no oeste da Venezuela (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.22).

As associações entre as variações observadas nas procedências para diâmetro à altura do peito (DAP), volume (VOL), forma do fuste (FF), diâmetro dos galhos (DG), bifurcação (BIF), copa quebrada (CQ) e densidade básica da madeira (DEN) e as variações de latitude, longitude, altitude e precipitação dos locais de origem das sementes estão na Tabela 8.

TABELA 8 - COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. oocarpa* EM ANGATUBA, SP, COM OS DADOS AMBIENTAIS DA ORIGEM DAS SEMENTES.

CARACT	LATITUDE		LONGITUDE		ALTITUDE		PRECIPITAÇÃO	
	r_1^2	t	r_1^2	t	r_1^2	t	r_1^2	t
HT	-0,535	1,41 ^{ns}	-0,89	4,58*	-0,178	0,40 ^{ns}	-0,107	0,24 ^{ns}
DAP	-0,428	1,05 ^{ns}	-0,642	1,87 ^{ns}	-0,678	2,06*	-0,386	0,93 ^{ns}
VOL	-0,678	2,06*	-0,964	8,10*	-0,214	0,49 ^{ns}	-0,250	0,58 ^{ns}
FF	-0,535	1,41 ^{ns}	-0,818	3,12*	-0,392	0,95 ^{ns}	-0,464	1,20 ^{ns}
DG	-0,535	1,41 ^{ns}	-0,857	3,93*	-0,285	0,66 ^{ns}	-0,428	1,05 ^{ns}
BIF	-0,785	2,83*	-0,889	4,33*	-0,085	0,19 ^{ns}	0,198	0,45 ^{ns}
CQ	0,321	0,75 ^{ns}	0,392	0,95 ^{ns}	0,642	1,87 ^{ns}	0,750	2,53*
DEN	-0,142	0,32 ^{ns}	-0,607	1,70 ^{ns}	-0,178	0,40 ^{ns}	-0,178	0,40 ^{ns}

* = significativo ao nível de 10% de probabilidade pelo teste t, ns = não significativo

onde: HT = altura total; DAP = diâmetro à altura do peito; VOL = volume; FF = forma do fuste; DG = diâmetro dos galhos; BIF = árvores bifurcadas; CQ = árvores com copa quebrada; DEN = densidade básica da madeira

Observa-se pela Tabela 8, uma associação negativa e significativa a 10% pelo teste t entre a altura total das árvores em Angatuba e a longitude

da origem das sementes. DAP também demonstrou uma correlação negativa e significativa com a altitude das origens das sementes. A mesma tendência, também foi observada para o volume das árvores deste ensaio. As procedências Las Crucitas, San Marcos, Guaimaca e La Campa originadas de regiões com menores longitudes (86°W e 88°W) e latitude ($13^{\circ}24'\text{N}$ e $14^{\circ}32'\text{N}$), apresentaram maior produção volumétrica, diferindo significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) das procedências San Luís e El Castaño, originadas de regiões de maiores longitudes (89°W e 90°W) e latitudes ($14^{\circ}37'\text{N}$ e $15^{\circ}01'\text{N}$) que apresentaram menor produção volumétrica. A tendência de maior produção volumétrica em função de menores latitudes nas origens, possivelmente pode está relacionada com a umidade e com o fluxo anual de radiação fotossinteticamente ativa do local de coleta das sementes. Observa-se que Las Crucitas e Guaimaca, originadas de regiões com precipitação média que se assemelha à de Angatuba, apresentaram maior produção volumétrica (Tabela 7).

A extrapolação do volume médio por árvore para volume por hectare, considerando-se uma densidade de 781 árv/ha (Las Crucitas), 711 árv/ha (Guaimaca) e 842 árv/ha (San Marcos) aos nove anos de idade, indica que a produção volumétrica em Angatuba de Las Crucitas foi 242 m^3/ha ; Guaimaca de 215 m^3/ha e San Marcos de 252 m^3/ha .

O volume médio em Las Crucitas foi maior, diferindo significativamente das demais procedências deste estudo. As procedências Guaimaca, San Marcos e La Campa são classificadas como apresentando uma produção volumétrica igual ou superior a média e diferindo significativamente das procedências San Luís e El Castaño, que

apresentaram os menores crescimentos volumétricos dentre as procedências testadas em Angatuba (Tabela 7).

As testemunhas BR 405 (*P. oocarpa*, Agudos, SP) e CO 202 (*P. tecunumanii* de Mountain Pine Ridge), nos três primeiros anos após o plantio apresentaram os maiores crescimentos em HT e DAP, em relação às demais procedências deste estudo (GOBBO *et al.* 1988, p.19). Porém, na avaliação aos nove anos de idade, este fato não se confirmou, pois o volume da testemunha CO 202, foi inferior ao de todas as procedências em teste. A testemunha BR 405, superou somente a produção volumétrica da procedência El Castaño.

Como pode ser observado na Tabela 7, existem diferenças significativas na produção volumétrica entre procedências, porém, Guaimaca, Las Crucitas e San Marcos, destacam-se por apresentar maior volume, revelando o potencial destas procedências, como fonte de sementes visando o aumento da produção volumétrica em Angatuba.

4.2 FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS

A análise de variância da forma do fuste (FF) revelou que existem diferenças significativas ao nível de 5% (Teste F), entre as médias de todas as progênies, entre progênies dentro de cada procedências e entre procedências. Já para a característica diâmetro dos galhos (DG), foram verificadas diferenças entre as 54 progênies e entre progênies dentro de cada procedência, exceto para El Castaño e San Marcos, não se

observando, entretanto, diferenças significativas entre procedências (Tabela 9).

Os coeficientes de variação estimados ao nível de progênes dentro de procedências para a forma do fuste estão entre 17,2% e 20,9%, enquanto que para o diâmetro dos galhos estão entre 11,9% e 17,3%. Segundo GOMES (1976, p.16), estes valores podem ser considerados como moderados, indicando precisão média para o ensaio e para o critério de avaliação adotado (Tabela 9).

TABELA 9 - ANÁLISES DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DO GALHO (DG) DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	FF				DG		
	N	\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	CV (%)	F ^a
La Campa (Honduras)	8	1,65 C	20,9	4,5**	2,11 B	14,9	2,4**
El Castaño (Guatemala)	8	1,69 C	19,8	4,9**	2,10 B	11,9	1,3 ^{ns}
Guaimaca (Honduras)	8	1,86 AB	20,0	5,7**	2,16 AB	14,5	1,6**
San Marcos (Honduras)	8	1,89 A	17,8	5,9**	2,21 A	12,2	0,3 ^{ns}
Las Crucitas (Honduras)	8	1,78 B	17,2	2,9**	2,21 A	12,9	3,1**
San Luis (Guatemala)	8	1,67 C	18,4	4,8**	2,07 B	13,7	2,9**
Tablazon (Honduras)	6	1,79 B	18,8	6,5**	2,07 B	17,3	3,2**
TEST 1 ^b		1,39 D			1,91 C		
TEST 2 ^c		1,69 C			2,12 AB		
Média Geral ^d		1,76 ^d			2,14 ^d		
F prog/proc (em conjunto)				6,8 **			2,1**
F proc (entre procedências)				4,2**			0,9 ^{ns}

^a = F de progênes dentro de procedências, ** = significativo a 1 % de probabilidade de erro, ns = não significativo, N = número de progênes por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, ^b TEST 1: *P. tecunumanii* (Mountain Pine Ridge), ^c TEST 2: *P. oocarpa* (Agudos, SP), ^d Média geral da análise conjunta, não incluindo as testemunhas. Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

A média geral da característica forma do fuste (1,76), indicou que as árvores das procedências em teste possuem fustes tendendo à tortuosidade.

Foi observada uma associação negativa e significativa a 10% pelo teste t entre a forma do fuste das árvores em Angatuba e a longitude da

origem das sementes (Tabela 8). San Marcos, Guaimaca, Tablazon e Las Crucitas, de regiões com menores longitudes (entre 86°W e 87°W) apresentaram valores maiores para a forma do fuste, ou seja, fustes menos tortuosos, diferindo significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) das procedências El Castaño, San Luís e La Campa, originadas de regiões de maiores longitudes (entre 88°W e 90°W) e que apresentaram fustes mais tortuosos (Tabela 9). Resultados semelhantes foram observados por KAGEYAMA (1977, p.55) em Agudos, SP, onde as procedências de *P. oocarpa* originadas de regiões de longitudes mais baixas mostraram fustes mais retos.

As testemunhas 1 e 2, apresentaram fustes mais tortuosos, diferindo significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) das procedências San Marcos, Guaimaca, Tablazon e Las Crucitas (Tabela 9). Estes resultados são similares aos observados por LIMA (1990, p.21), onde as procedências Las Crucitas, San Marcos e Guaimaca, apresentaram na região de Felixlândia, MG, os fustes mais retos.

A média geral para o diâmetro dos galhos foi 2,14. Isto indica que as árvores no ensaio possuem galhos de diâmetro muito próximo ao ponto médio da escala de avaliação. Foi observada uma associação negativa e significativa a 10% pelo teste t entre o diâmetro dos galhos em Angatuba e a longitude da origem das sementes (Tabela 8). San Marcos, Las Crucitas e Guaimaca, originadas de regiões de menores longitudes (entre 86°W e 87°W), juntamente com a testemunha 2 podem ser classificadas como um grupo de procedências que apresentaram os menores diâmetros dos galhos. San Marcos e Las Crucitas diferem significativamente ao nível de 5% (Teste

de Tukey) das demais procedências e da testemunha 1, que apresentaram galhos mais grossos (Tabela 9).

4.3 ÁRVORES BIFURCADAS E ÁRVORES COM COPA QUEBRADA

A análise de variância de árvores bifurcadas e com copa quebrada, indicou a existência de diferenças significativas ao nível de 5% (Teste F) entre as médias de todas as progênes e entre procedências. Já entre progênes dentro de cada procedência, foram detectadas diferenças para ambas as características no caso das procedências La Campa e El Castaño. Para árvores com copa quebrada existiram diferenças também entre as progênes de San Luís, enquanto que para árvores bifurcadas existiram diferenças também entre as progênes de San Marcos, Las Crucitas e Tablazon.

Os coeficientes de variação experimental ao nível de progênes dentro de cada procedência, para árvores com copa quebrada estão entre 19,8% a 57,3%, enquanto para árvores bifurcadas estão entre 28,0% a 42,2%. Já para sobrevivência esses coeficientes ficaram entre 17,7% e 24%. Segundo GOMES (1976, p.16), esses valores são altos e indicam grande variação dos dados, possibilitando considerável margem de erro para o critério de avaliação.

A análise de variância ao nível de progênes e procedências bem como a comparação das médias de procedência pelo teste de Tukey para árvores com copa quebrada, bifurcadas e sobrevivência estão na Tabela 10.

As médias de 41,2% de árvores bifurcadas e 25,5% de árvores com copa quebrada, indicam que as condições ambientais da região de Angatuba, SP, podem ter contribuído para manifestação destas características. Segundo DVORAK; DONAHUE (1992, p.22), esta espécie é sensível a ambientes exóticos com solos pobres e ácidos. O experimento em estudo foi plantado em solo ácido, com deficiência de cálcio e magnésio, fato que provavelmente contribuiu para o elevado número de árvores bifurcadas e com copa quebrada.

TABELA 10 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ÁRVORES COM COPA QUEBRADA (CQ), SOBREVIVÊNCIA (SBR) E ÁRVORES BIFURCADAS (BIF) DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	CQ			SBR			BIF		
	\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	CV (%)	F ^a
La Campa (Honduras)	27,9 B	56,6	2,6**	76,0 BC	19,0	0,6 ^{ns}	41,5 BC	36,3	1,7**
El Castaño (Guatemala)	26,8 BC	57,3	2,2**	78,3 AB	17,7	2,6**	34,2 E	42,2	4,4**
Guaimaca (Honduras)	24,3 D	49,4	0,8 ^{ns}	64,0 E	27,4	0,4 ^{ns}	44,8 B	36,8	1,1 ^{ns}
San Marcos (Honduras)	22,1 E	45,1	1,2 ^{ns}	75,8 BC	19,9	0,7 ^{ns}	48,1 A	28,0	4,0**
Las Crucitas (Honduras)	26,6 BC	45,5	0,7 ^{ns}	70,3 D	23,5	1,6**	42,5 B	36,3	3,5**
San Luís (Guatemala)	25,6 CD	46,3	4,0**	74,6 C	19,3	1,5*	37,4 D	36,6	0,6 ^{ns}
Tablazon (Honduras)	25,6 CD	19,8	1,4 ^{ns}	67,7 D	24,0	1,3 ^{ns}	42,0 BC	36,3	2,5**
TEST 1 ^b	31,7 A			79,3 A			43,3 B		
TEST 2 ^c	26,3 BC			78,0 AB			39,2 CD		
Média Geral ^d	25,5 ^d			72,4 ^d			41,2 ^d		
Fprog/proc (em conjunto)			1,9**			1,2 ^{ns}			2,6**
Fproc (entre procedências)			2,0**			7,3**			4,9**

^a = F de progênies dentro de procedências, * = significativo a 5 % de probabilidade de erro, ** = significativo a 1 % de probabilidade de erro, ns = não significativo, N = número de progênies por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, ^b TEST 1: *P. tecunumanii* (Mountain Pine Ridge), ^c TEST 2: *P. oocarpa* (Agudos, SP), ^d Média geral da análise conjunta, não incluindo as testemunhas
Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey

O coeficiente de correlação de Spearman entre árvores bifurcadas com latitude e longitude dos locais de origem de *P. oocarpa* testados em Angatuba, revelaram uma tendência associativa negativa de elevada magnitude e significativa pelo teste de t. O menor número de árvores bifurcadas foi observado nas procedências El Castaño e San Luís originadas de regiões de maior latitude (entre 14°N e 15°N) e longitude (entre 89°W e 90°W), e diferem significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) da procedência San Marcos, originada de região de menor latitude (13°N) e longitude (86°51'W) e que apresentou o maior número de árvores bifurcadas. As demais procedências apresentaram um elevado número de árvores bifurcadas, não diferindo significativamente entre si. Estes resultados devem ser interpretados com cautela, pois os coeficientes de variação foram altos, indicando a possibilidade de erro na avaliação desta característica (Tabela 10).

Os resultados observados por MASSAKI (1989, p.53) em Capão Bonito, SP, indicaram uma tendência associativa negativa entre a quebra do fuste com a latitude e precipitação da origem das sementes. Em Angatuba, foi observado uma correlação positiva e significativa, pelo teste t, entre o número de árvores com copa quebrada e a precipitação da origem das sementes. A procedência San Marcos, originada de região de menor precipitação, apresentou o menor número de árvores com copa quebrada, diferenciando-se significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) das procedências La Campa, Las Crucitas e El Castaño e da testemunha CO 202 (*P. tecunumanii*) com maior número de árvores com copa quebrada e

originadas de região de maior precipitação. As demais procedências apresentam um grande número de árvores com copa quebrada (Tabela 10).

O grande número de árvores bifurcadas e árvores com copa quebrada, indica a necessidade de eliminação desses indivíduos em desbastes progressivos, visando preservar os indivíduos remanescentes de danos mecânicos ocasionados pelo vento, após o desbaste. No planejamento dos desbastes é importante observar que a resistência da madeira de uma árvore aumenta progressivamente com a idade, até uma estabilização na fase adulta (ZOBEL, TALBERT, 1984, p.375). Portanto, a eliminação completa dos indivíduos bifurcados e com copa quebrada deverá ocorrer quando o teste de procedências e progênies alcançar a idade adulta. Outra alternativa seria o resgate do material genético dos indivíduos selecionados através de propagação vegetativa por enxertia para a implantação de um pomar de sementes clonal.

4.4 SOBREVIVÊNCIA DAS ÁRVORES

A análise de variância da sobrevivência das árvores, indicou diferenças significativas ao nível de 5% (Teste de F) entre procedências e entre progênies dentro das procedências El Castaño, Las Crucitas e San Luís (Tabela 10).

Os coeficientes de variação estimados para este caráter estão contidos no intervalo entre 17,7% a 27,4%. Segundo GOMES (1976, p.16), estes valores são de magnitude média, indicando variação moderada dos

dados, o que possibilita uma precisão experimental aceitável para o ensaio e para o critério de avaliação.

A média geral de 72,4% de sobrevivência do experimento, indica considerável perda de árvores aos nove anos de idade. El Castaño, La Campa, San Marcos, San Luís e as testemunhas BR 405 (*P. oocarpa* de Agudos, SP) e CO 202 (*P. tecunumanii*) apresentaram a maior sobrevivência e suas médias diferem significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) de Guaimaca, Las Crucitas e Tablazon (Tabela 10).

Estes resultados, quando comparados com os de GOBBO *et al.* (1988, p.21), revelaram que procedências como Guaimaca e Tablazon que aos três anos de idade tinham 96,8% e 93,5% de sobrevivência, apresentaram decréscimo significativo da sobrevivência aos nove anos de idade. Este fato pode ser decorrente de árvores que foram quebradas por ação dos ventos ou o tombamento de árvores maiores.

4.5 DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA, COMPRIMENTO E LARGURA DAS FIBRAS

A análise de variância do caráter densidade básica da madeira, indicou diferenças significativas ao nível de 5% (Teste F) entre as médias de progênies das procedências La Campa, El Castaño, Guaimaca e Las Crucitas. Os coeficientes de variação de progênie dentro de cada procedência para esta característica, estão entre 5,8% e 10,9%, valores que, segundo GOMES (1976, p.16), indicam boa precisão para o experimento e para o critério de avaliação. Para as características comprimento de fibra, largura de fibra, diâmetro do lúmen e espessura da parede das fibras, a

análise de variância indicou diferenças significativas ao nível de 5% (Teste de F) entre procedências para as características largura de fibra e diâmetro do lúmen (Tabela 11).

TABELA 11 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIA PARA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA (DEN) E AO NÍVEL DE PROCEDÊNCIAS PARA COMPRIMENTO DE FIBRA (C), LARGURA DE FIBRA (L), DIÂMETRO DO LUMEM (DL), ESPESSURA DA PAREDE DE FIBRAS (EP) E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	C (mm)	L (μ)	DL (μ)	EP (μ)	DEN (g/cm ³)	CV ^a (%)	F ^b
	\bar{X}	\bar{X}	\bar{X}		\bar{X}		\bar{X}
La Campa (Honduras)	3,2 A	51,9 CD	35,0 E	8,4 A	0,412 A	10,9	1,6**
El Castaño (Honduras)	3,1 A	53,0 BC	36,7 CD	8,1 A	0,409 A	6,1	2,4**
Guaimaca (Honduras)	3,3 A	53,0 BC	36,4 D	8,3 A	0,414 A	7,7	4,0**
San Marcos (Honduras)	3,3 A	53,5 AB	37,0 BCD	8,2 A	0,409 A	5,8	0,9 ^{ns}
Las Crucitas (Honduras)	3,3 A	54,6 A	38,3 AB	8,2 A	0,415 A	6,1	2,4**
San Luis (Guatemala)	3,1 A	53,5 AB	37,9 ABC	7,8 A	0,411 A	6,5	1,1 ^{ns}
Tablazon (Guatemala)	3,2 A	50,7 D	33,9 E	8,4 A	0,400 B	6,2	2,5**
TEST 1 (<i>P. tecunumanii</i>) ^c	3,2 A	54,6 A	39,0 A	7,8 A	0,414 A		
TEST 2 (<i>P. oocarpa</i>) ^d	***	***	***	***	0,408 A		
Média Geral ^e	3,2 ^e	53,1 ^e	36,8 ^e	8,2 ^e	0,410 ^e		
Fprog/proc							0,7 ^{ns}
Fproc	0,6 ^{ns}	2,4**	3,3**	0,9 ^{ns}			0,9 ^{ns}

** = significativo a 1% de probabilidade, ns = não significativo, CV^a = coeficiente de variação experimental da densidade básica da madeira de cada procedência, ^b = F de progênie dentro de procedência, ^c TEST 1: *P. tecunumanii* (Mountain Pine Ridge), ^d TEST 2: *P. oocarpa* (Agudos, SP), ^e Média geral da análise conjunta, não incluindo as testemunhas, \bar{X} = Média da procedência, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey, *** não foram calculadas as características morfológicas da madeira da testemunha 2.

As características geográficas e climáticas de uma região podem afetar o ritmo de crescimento e a qualidade da madeira de espécies introduzida (ZOBEL; TALBERT, 1984, p. 396). Assim é importante observar a existência de associações entre as características relacionadas a qualidade da madeira com os dados geográficos e de precipitação dos locais de origem das sementes. Neste estudo, nenhuma tendência associativa e significativa a 10% pelo teste t, entre densidade básica da madeira em Angatuba, SP, e os valores de latitude, longitude, altitude e precipitação da origem foi observada (Tabela 8).

A comparação da média da densidade básica da madeira pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significancia, revelou que a procedência Tablazon diferencia-se significativamente das demais procedências (Tabela 11). Já a comparação das médias da largura de fibras e diâmetro do lúmen, pelo teste de Tukey, indicou diferenças significativas entre procedências. San Marcos, Las Crucitas, San Luís e a testemunha CO 202 (*P. tecunumanii*) constituem um grupo de procedências com fibras de maior largura e de maior diâmetro do lúmen, diferindo significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) de La Campa e Tablazon, que apresentaram fibras de menor largura e de menor diâmetro do lúmen (Tabela 11).

A densidade básica média da madeira do *P. oocarpa* em Angatuba, SP, aos nove anos de idade foi de 0,410 g/cm³, valor aproximado ao recomendado por VAN BUIJTENEN (1987)¹ citado por WRIGHT (1990, p.4) para produção de papel kraft que é de 0,450 g/cm³. Aos nove anos de idade, características como densidade básica, comprimento das fibras e largura das paredes das fibras da madeira desta espécie, possuem valores inferiores aos que terão na fase adulta (BARRICHELO, 1979, p.100).

Resultados similares foram observados por BARRICHELO (1984, p. 100), para *P. oocarpa* em Lençóis Paulista, SP, que aos 12 anos de idade apresentou densidade básica determinada á 1,30 m do solo de 0,455 g/cm³. AMARAL *et al.* (1977, p.54) em estudo realizado com *P. oocarpa* em Agudos, SP, observaram que a densidade básica da madeira aos 12 anos foi de 0,412 g/cm³.

¹ VAN BUIJTENEN, J. P. Computer simulation of the effect of wood specific gravity and rotation age on the production of linerboard and multiwall sack paper. Tappi 70: 89-92 (1987)

O comprimento das fibras e a espessura da parede da fibra são fatores determinantes nas propriedades físico-mecânicas do papel (ZOBEL; TALBERT, 1984, p.396). Porém, estas características, segundo MUÑIZ (1986, p.150) não interessam em seus valores individuais, pois não existe qualquer relação entre eles e a resistência do papel. O que realmente importa é conhecer a influência de certos valores relativos tais como: a relação entre o comprimento da fibra (C) e a largura da fibra (L), que é conhecida como índice de enfiletramento, a relação percentual entre o diâmetro do lúmen (DL) e a largura da fibra (L) conhecida como coeficiente de flexibilidade; a relação entre a espessura da parede da fibra (EP) e a largura da fibra (L) que é denominada fração parede, a relação entre a espessura da parede da fibra (EP) e o diâmetro do lúmen (DL), como fator de RUNKEL (Tabela 12).

TABELA 12 - MÉDIAS DO COEFICIENTE DE FLEXIBILIDADE (CF), ÍNDICE DE ENFILETRAMENTO (IE); FRAÇÃO DA PAREDE DAS FIBRAS (FP) E ÍNDICE DE RUNKEL (IR) PARA PROCEDÊNCIAS DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	CF	IE	IR	FP
LaCampa (Honduras)	67,5	61,8	0,482	32,9
El Castaño (Guatemala)	69,3	58,7	0,443	30,7
Guaimaca (Honduras)	68,6	62,3	0,475	31,3
San Marcos (Honduras)	69,3	61,3	0,444	30,7
Las Crucitas (Honduras)	70,0	60,3	0,429	30,0
San Luís (Guatemala)	70,8	58,9	0,412	29,2
Tablazon (Honduras)	66,3	62,3	0,499	33,3
Média Geral	68,8	60,8	0,454	31,1

As resistências físico-mecânicas do papel, dependem das ligações entre fibras e podem ser avaliadas através do coeficiente de flexibilidade da fibra (BRITO et al. 1978, p.101). Observa-se pela Tabela 12, que madeira de

P. oocarpa em teste, apresentou coeficiente de flexibilidade que varia de 66,3% a 70,8%, indicando grande possibilidade de ligações interfibras na fabricação da folha de papel, fato que aumenta a resistência à tração e ao arrebatamento e o peso específico da folha. Resultado similar foi observado por BARRICHELO (1984, p.105) em Lençóis Paulista, SP, onde a madeira desta espécie aos 10 anos de idade apresentou coeficiente de flexibilidade de 66%. A média da fração da parede das fibras foi de 31,2%, o que indica que a celulose obtida a partir da madeira desta espécie provavelmente terá boa qualidade. Segundo BRITO *et al.* (1978, p.101) quando a fração da parede de um material fibroso é maior que 40% este não fornecerá celulose de qualidade satisfatória. A média do índice de Runkel de 0,45 indica que a madeira desta espécie está classificada no grupo II R - madeira muito boa para papel, segundo TEIXEIRA (1977, p.25).

De modo geral, a densidade básica da madeira e os índices entre as dimensões das fibras, podem ser consideradas como características de grande importância quanto às propriedades físico-mecânicas do papel. Com base nestas características, pode-se concluir que a madeira do *P. oocarpa* é indicada para a produção de celulose de boa qualidade e papel kraft resistente à tração e ao arrebatamento.

4.6 ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE

Segundo ZOBEL; TALBERT (1984, p.127) o coeficiente de herdabilidade no sentido restrito, pode ser definido como a fração do

diferencial de seleção que é retido na descendência. Desta forma, características com os maiores coeficientes de herdabilidade, apresentam maior controle genético e menor influência ambiental, o que indica maiores possibilidades de ganho genético em programas de melhoramento. A densidade básica da madeira está sob forte controle genético, enquanto características de crescimento, sob menor controle genético, sofrem grande influência de fatores ambientais.

Foram estimados os coeficientes de herdabilidade ao nível de progênie e de parcela e também ao nível de indivíduos na parcela, no bloco e no experimento. Estes coeficientes de herdabilidade fazem parte da expressão para estimação do progresso genético com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito e estão apresentados na Tabela 13.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidades no sentido restrito ao nível de indivíduos foram menores que os estimados ao nível de médias de famílias para as características de crescimento em todas as procedências. Este fato indica que a seleção para essas características, pode ser mais efetiva ao nível de médias de progênies que dentro de progênies. Resultados semelhantes, foram observados em outras espécies florestais (KAGEYAMA 1980; p.82; STURION 1993; p.69; CORRÊA, 1995, p.37).

Os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ao nível de indivíduos, das características de crescimento, podem ser considerados como de baixa magnitude, indicando que os efeitos ambientais foram preponderantes na manifestação destas características em todas as procedências. Para características com baixa herdabilidade, TODA (1972,

p.1-9), recomenda a seleção de um grande número de indivíduos, acompanhada de uma ré-seleção, baseando-se em testes de progênes, o que possibilitará maiores ganhos genéticos.

Para o caráter densidade básica da madeira, os coeficientes de herdabilidade restrito, tanto ao nível de famílias como ao nível de indivíduos, foram de elevada magnitude nas procedências El Castaño e Guaimaca. Neste caso, a seleção poderia ser conduzida ao nível de indivíduos. Em características com alta herdabilidade o efeito genético representa a maior parte da variação fenotípica em relação ao efeito ambiental. Para características de alta herdabilidade é recomendado a seleção massal de indivíduos com alta intensidade de seleção, estabelecendo-se pomar de semente clonais (TODA 1972, p.1-9). Nas procedências La Campa, San Luís e Tablazon, os coeficientes de herdabilidade restrito ao nível de indivíduos foram de baixa magnitude, indicando maiores possibilidades de ganho genético para esta característica, através da seleção ao nível de famílias.

Em geral, os melhores resultados na seleção podem ser obtidos quando as estimativas de herdabilidade das características a serem selecionados são altas e com pequeno desvio padrão. Estimativas de herdabilidade associadas a altos desvios padrões, tornam duvidosas as previsões de ganho genético esperado com a seleção (SOUZA *et al.* 1992, p.1-17). Este fato, pode ser observado nas procedências La Campa, San Luís e Tablazon, onde o coeficiente de herdabilidade ao nível de médias de famílias da densidade básica da madeira, possui magnitude média e estão associados a elevado desvio padrão (Tabela13).

TABELA 13 - ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NA PARCELA (h^2_{ip}), AO NÍVEL DE PROGÊNIES (h^2_i), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) E AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}) PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO E DA DENSIDADE BÁSICA DA MADEIRA DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDENC		HT	DAP	VOL	FF	DG	DEN
La Campa (Honduras)	h^2_{ip}	0,075	0,118	0,110	0,940	0,129	0,148
	** h^2_i	0,585	0,723	0,734	0,952	0,570	0,476
		($\pm 0,197$)	($\pm 0,137$)	($\pm 0,126$)	($\pm 0,050$)	($\pm 0,198$)	($\pm 0,343$)
	h^2_p	0,078	0,136	0,144	0,546	0,074	0,154
	h^2_{ib}	0,099	0,156	0,149	0,864	0,145	0,190
El Castaño (Guatemala)	h^2_{ie}	0,093	0,156	0,147	0,854	0,133	0,190
	h^2_{ip}	0,069	0,069	0,114	0,575	0,016	0,716
	** h^2_i	0,483	0,529	0,641	0,928	0,162	0,855
		($\pm 0,276$)	($\pm 0,183$)	($\pm 0,179$)	($\pm 0,058$)	($\pm 0,10$)	($\pm 0,175$)
	h^2_p	0,052	0,062	0,096	0,434	0,011	0,542
Guaimaca (Guatemala)	h^2_{ib}	0,085	0,089	0,141	0,612	0,020	0,709
	h^2_{ie}	0,084	0,089	0,142	0,600	0,017	0,719
	h^2_{ip}	0,223	*	0,104	0,418	0,011	0,479
	** h^2_i	0,759		0,669	0,839	0,184	0,941
		($\pm 0,152$)		($\pm 0,237$)	($\pm 0,10$)	($\pm 0,12$)	($\pm 0,290$)
San Marcos (Honduras)	h^2_p	0,200	*	0,138	0,293	0,072	0,764
	h^2_{ib}	0,269	*	0,143	0,443	0,013	0,617
	h^2_{ie}	0,255	*	0,144	0,436	0,010	0,625
	h^2_{ip}	0,026	0,056	0,040	0,346	*	*
	** h^2_i	0,316	0,565	0,486	0,846	*	*
Las Cruceñas (Honduras)		($\pm 0,125$)	($\pm 0,237$)	($\pm 0,275$)	($\pm 0,109$)		
	h^2_p	0,027	0,073	0,054	0,251	*	*
	h^2_{ib}	0,035	0,076	0,056	0,388	*	*
	h^2_{ie}	0,034	0,076	0,056	0,361	*	*
	h^2_{ip}	0,110	0,0747	0,085	0,086	0,136	0,315
San Luis (Guatemala)	** h^2_i	0,595	0,606	0,632	0,639	0,684	0,731
		($\pm 0,225$)	($\pm 0,219$)	($\pm 0,207$)	($\pm 0,194$)	($\pm 0,136$)	($\pm 0,230$)
	h^2_p	0,088	0,092	0,102	0,104	0,125	0,352
	h^2_{ib}	0,135	0,101	0,114	0,115	0,170	0,393
	h^2_{ie}	0,133	0,101	0,115	0,113	0,148	0,382
Tablazon (Honduras)	h^2_{ip}	0,153	0,114	0,153	0,302	0,167	0,039
	** h^2_i	0,555	0,667	0,707	0,855	0,708	0,155
		($\pm 0,242$)	($\pm 0,189$)	($\pm 0,171$)	($\pm 0,090$)	($\pm 0,154$)	($\pm 0,486$)
	h^2_p	0,0724	0,111	0,129	0,269	0,131	0,035
	h^2_{ib}	0,160	0,146	0,188	0,357	0,201	0,050
Tablazon (Honduras)	h^2_{ie}	0,158	0,147	0,189	0,351	0,194	0,049
	h^2_{ip}	0,077	0,335	0,327	0,490	0,1937	0,048
	** h^2_i	0,464	0,870	0,867	0,887	0,600	0,556
		($\pm 0,328$)	($\pm 0,109$)	($\pm 0,111$)	($\pm 0,101$)	($\pm 0,253$)	($\pm 0,624$)
	h^2_p	0,057	0,320	0,314	0,355	0,095	0,200
	h^2_{ib}	0,093	0,398	0,390	0,523	0,198	0,084
	h^2_{ie}	0,094	0,401	0,399	0,526	0,193	0,083

* A estimativa dessas herdabilidades não foram possíveis devido ao valor de F ao nível de progênie ser inferior a 1, ** Herdabilidade ao nível de médias de famílias seguidas do desvio padrão

Para as demais procedências, tanto as características de crescimento como a densidade básica da madeira, apresentaram coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de famílias associados a desvios padrões de magnitude moderada, revelando que as previsões de ganho genético possuem precisão moderada. O pequeno número de progênes por procedência neste estudo, pode ter contribuído para aumentar o erro associado às estimativas de herdabilidade, pois o aumento do número de progênes e de repetições contribui para diminuir o erro e as variâncias associadas às estimativas de herdabilidade (VELLO; VENCovsky, 1974, p.238-248). Este fato, não deve invalidar as estimativas dos parâmetros genéticos das características de crescimento para fins de comparação entre procedências. Pois as sementes que originaram as progênes de meio-irmãos foram coletadas de árvores paternas tomadas ao acaso da população base e que a presença de endogamia nestas populações é negligível.

A seleção de material genético neste estudo, deverá ser baseada na produção volumétrica e na qualidade da madeira para produção de celulose e papel. Portanto, a estimativa dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito das características de crescimento indicam quais características possuem maior controle genético e consequentemente auxiliam a definição da estratégia de melhoramento visando maximizar o ganho genético em volume quando praticada a seleção. As características que apresentaram os maiores coeficientes de herdabilidade restrito, em ordem decrescente são: forma do fuste, densidade básica da madeira, volume, DAP, altura e diâmetro dos galhos. Estes resultados são similares

com os observados na literatura para outras espécies florestais (MATZIRIS; ZOBEL, 1973, p.44-48; STURION 1993, p.72).

A avaliação dos métodos de seleção em *Eucalyptus* apresentada por RESENDE; HIGA (1994b, p.46), ressaltou que quanto menor o número de indivíduos por parcela, maior a importância das herdabilidades referentes aos efeitos de parcela, em relação às herdabilidades entre e dentro de famílias. O experimento em questão, foi implantado com 6 plantas por parcela e 8 progênies por procedência, porém com sobrevivência em torno de 72,4%, o que resulta em 4,3 indivíduos por parcela. Esta diminuição do número de indivíduo por parcela; implica numa redução da variância genética aditiva no cálculo da herdabilidade ao nível de média de parcela de 17,4%, justificando a inclusão do efeitos de parcela nos processos de seleção.

As estimativas de herdabilidade ao nível de indivíduos para um único ambiente são normalmente superestimadas, pois não é possível separar a variância da interação de progênie por ambiente, da variância devida a progênie. Por isso, tais estimativas são válidas somente para o local do experimento onde as mesmas foram determinadas (WRIGHT, 1976, p.162). Na prática, pode-se extrapolar os resultados obtidos neste estudo para locais com características ambientais e climáticas semelhantes aos de Angatuba, SP.

4.7 CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS

As estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva, ao nível de plantas, foram altas e positivas entre as características de crescimento (HT, DAP e VOL). Assim, quando se praticar a seleção em qualquer uma delas, espera-se uma alta resposta correlacionada na outra, o que se constitui uma vantagem, uma vez que o sentido da seleção é o mesmo para tais características (Tabela 14). Essas correlações altas e positivas estão de conformidade com os resultados obtidos pela maioria dos autores, em diferentes espécies florestais, podendo-se citar os trabalhos de KAGEYAMA (1980, p.94), MATIZIRIS; ZOBEL (1973, p.44).

As estimativas dos coeficientes de correlações genéticas aditivas ao nível de plantas e seus respectivos desvios padrões, e correlações fenotípicas ao nível de médias de progênies, para altura, DAP, volume e densidade básica da madeira para todas as procedências de *P. oocarpa* deste estudo, são apresentados nas tabelas 14 e 15.

As características associadas ao crescimento das árvores, por sua vez, não se mostraram correlacionadas com a forma do fuste e diâmetro dos galhos, a julgar pelos baixos valores encontrados para as correlações genéticas aditivas ao nível de plantas entre altura, DAP e volume das árvores com a forma do fuste, diâmetro do galhos. Este fato, tem grande importância prática, já que em princípio pode-se propor a condução da seleção para as características de crescimento (HT, DAP e VOL), forma do fuste e diâmetro dos galhos independentemente, o que dá maior liberdade ou

opção para a definição da estratégia a ser seguida na seleção em função dos objetivos do plantio.

Tabela 14 - ESTIMATIVA DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROC.	CARACT	HT	DAP	VOL	FF	DG	DEN
La Campa (Honduras)	HT		0,758	0,802	0,069	0	-0,082
	DAP	0,789		0,987	0,033	-0,242	-0,475
	VOL	0,894	1,0		0,037	-0,115	-0,359
	FF	0,080	0,037	0,041		0,056	0,379
	DG	-0,050	-0,170	0,003	0,075		0
	DEN	0	-0,710	-0,630	0,434	0	
El Castaño (Guatemala)	HT		0,7013	0,784	0,058	0,089	0,275
	DAP	0,848		0,977	0,075	0,047	-0,256
	VOL	0,868	1,0		0,084	0,016	-0,200
	FF	0,085	0,011	0,001		-0,030	-0,003
	DG	0,001	0,001	0,002	0,024		0
	DEN	0	0	0	-0,121	0	
Guaimaca (Honduras)	HT		0,4897	0,795	-0,221	-0,013	-0,290
	DAP	1,0		0,916	-0,238	0,081	-0,371
	VOL	0,715	0,998		-0,260	0,013	-0,329
	FF	-0,358	-0,254	-0,262		0,084	0,727
	DG	0,086	0,039	0,013	0,029		0
	DEN	0	0	0	-0,901	0	
San Marcos (Honduras)	HT		0,576	0,659	0,704	0,197	-0,600
	DAP	0,848		0,990	0,422	0,112	-0,467
	VOL	0,890	1,0		0,518	0,041	-0,524
	FF	-0,974	0,583	-0,732		0,395	0,532
	DG	0	0	0	0		0
	DEN	0	0	0	0	0	
Las Crucitas (Honduras)	HT		0,856	0,921	-0,368	-0,499	-0,442
	DAP	1,0		0,972	-0,012	-0,028	0,268
	VOL	1,0	0,990		-0,311	-0,391	0,086
	FF	-0,880	-0,415	-0,757		0,740	0,653
	DG	-0,905	-0,429	-0,621	0,010		0
	DEN	0	0	0	0,426	0	
San Luís (Guatemala)	HT		0,608	0,795	0,089	0,260	0,498
	DAP	0,785		0,963	-0,253	-0,219	0,259
	VOL	0,915	0,977		-0,183	-0,105	0,323
	FF	-0,060	-0,377	-0,293		0,073	0
	DG	0,463	0,080	0,059	0,941		0
	DEN	0	0,369	0,360	0	0	
Tablazon (Honduras)	HT		0,733	0,778	0,068	0,055	0,662
	DAP	0,941		0,995	-0,292	-0,278	-0,316
	VOL	0,913	1,0		-0,220	-0,212	0,029
	FF	0,092	-0,376	-0,296		0,090	0,477
	DG	0,030	-0,388	-0,277	0,120		0
	DEN	0	0	0	0,716	0	

Onde:

r_A = diagonal superior ; r_F = diagonal inferior

Tabela 15 - ESTIMATIVA DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E OS DESVIOS PADRÕES [$S(r_{Axy})$] ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

PROCEDÊNCIAS	CARACTERÍSTICAS	r_A	$S(r_{Axy})$
La Campa (Honduras)	HT/DAP	0,758	0,266
	HT/VOL	0,802	0,218
	HT/DEN	-0,082	0,977
	DAP/VOL	0,987	0,012
	DAP/DEN	-0,475	0,646
	VOL/DEN	-0,359	0,709
El Castaño (Guatemala)	HT/DAP	0,701	0,481
	HT/VOL	0,784	0,330
	HT/DEN	0,275	0,682
	DAP/VOL	0,977	0,033
	DAP/DEN	-0,256	0,587
	VOL/DEN	-0,200	0,544
Guaimaca (Honduras)	HT/DAP	0,489	*
	HT/VOL	0,795	0,213
	HT/DEN	-0,290	0,508
	DAP/VOL	0,916	*
	DAP/DEN	-0,371	*
	VOL/DEN	-0,329	0,570
San Marcos (Honduras)	HT/DAP	0,576	0,672
	HT/VOL	0,659	0,645
	HT/DEN	-0,600	*
	DAP/VOL	0,990	0,019
	DAP/DEN	-0,467	*
	VOL/DEN	-0,524	*
Las Crucitas (Honduras)	HT/DAP	0,856	0,209
	HT/VOL	0,921	0,114
	HT/DEN	-0,442	0,580
	DAP/VOL	0,972	0,041
	DAP/DEN	0,268	0,660
	VOL/DEN	0,086	0,680
San Luís (Guatemala)	HT/DAP	0,535	0,480
	HT/VOL	0,760	0,266
	HT/DEN	0,498	0,972
	DAP/VOL	0,956	0,044
	DAP/DEN	0,259	1,680
	VOL/DEN	0,323	1,540
Tablazon (Honduras)	HT/DAP	0,428	0,340
	HT/VOL	0,526	0,279
	HT/DEN	0,662	0,764
	DAP/VOL	0,990	0,005
	DAP/DEN	-0,316	0,782
	VOL/DEN	-0,029	0,882

* Não foi possível estimar o desvio padrão devido o valor de F ser inferior a 1.

Com excessão das procedências Las Crucitas e San Luís, a densidade básica da madeira apresentou correlação genética aditiva negativa de pequena magnitude com o DAP. Portanto, a seleção com base no DAP não irá alterar significativamente a densidade básica da madeira. As

correlações genéticas aditivas entre DEN e VOL, também foram negativas e de pequena magnitude, com exceção da procedência San Marcos (-0,524), revelando que a seleção visando elevar a produção volumétrica, não implicará em redução significativa da DEN das árvores selecionadas. Entretanto, estes resultados devem ser interpretados com cautela, pois os desvios padrões associados as referidas correlações foram altos (Tabela 15).

Com base nos valores das correlações genéticas aditivas ao nível de indivíduos entre as características de crescimento, observa-se que o DAP mostrou-se altamente correlacionado com o volume e os desvios padrões destas correlações foram de baixas magnitude (Tabela 15).

Estas altas correlações associadas aos baixos desvios padrões, indicam que a opção da seleção baseado no DAP deverá refletir-se em estimativas de ganhos genéticos expressivos em volume com boa precisão. Desta forma, a primeira etapa da seleção visando elevar a produção volumétrica deverá ser feita com base no DAP.

As estimativas de correlações fenotípicas, ao nível de médias de famílias mostraram as mesmas tendências que as correlações genéticas aditivas ao nível de plantas, ou seja, foram positivas e de alta magnitude entre as características de crescimento e praticamente nulas ou negativas entre as características de crescimento com a forma do fuste e o diâmetro dos galhos. A densidade básica da madeira apresentou correlação fenotípica negativa de magnitude média com a forma do fuste nas procedências La Campa e Guaimaca (Tabela 14).

A correlação fenotípica é uma combinação da correlação genética e de ambiente, estando também em função da herdabilidade dos dois caracteres correlacionados (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992, p.336). Desse modo, as altas correlações fenotípicas encontradas entre altura, DAP e volume deveram-se tanto aos efeitos ambientais como aos genéticos. Os valores negativos das correlações fenotípicas encontradas entre as características de crescimento (HT, DAP e VOL) com a forma do fuste, diâmetro dos galhos e densidade básica da madeira, foram devidas as correlações genéticas negativas entre essas características e, em menor parte, à magnitude dos valores de herdabilidade das características de crescimento. Deve-se considerar, que as correlações obtidas foram ao níveis diferentes, uma ao nível de plantas e outra ao nível de médias de famílias, não possibilitando, portanto, comparações diretas. A etapa subsequente será ré-selecionar as árvores em função da forma do fuste, diâmetro dos galhos e densidade básica da madeira.

4.8 ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS ATRAVÉS DA SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E PELO ÍNDICE MULTI-EFEITO

Segundo NANSON (1972, p.243-249), a transformação de um teste de procedências e progênies em pomar de sementes é possível através da seleção entre e dentro de procedências e progênies, possibilitando a produção de sementes melhoradas com relativa facilidade e economia de tempo. Os ganhos genéticos num ciclo de seleção são acumulados através da seleção de procedências, de progênies e de indivíduos dentro de progênies. É importante estabelecer a intensidade de seleção de modo que o

referido pomar tenha no mínimo 100 indivíduos distribuídos na área a uma distância que evite o cruzamento entre indivíduos aparentados.

Para WRIGHT (1978, p.69), a utilização dos testes de progênies dentro de procedências instalados no delineamento de blocos de famílias compactas, para a produção de sementes através da seleção entre e dentro de famílias, deverá considerar alguns fatores limitantes. Um deles é o espaçamento irregular que resultará após o desbaste, caso as progênies tenham sido arranjadas sistematicamente dentro das repetições. E o outro é a diferença entre povoamentos, que quando constatada de forma pronunciada, poderá fazer com que algumas procedências contribuam com muitas famílias e outras com nenhuma. A maioria dos ensaios desta natureza delineados em blocos de famílias compactas vem utilizando várias procedências com um número de progênies muito pequeno que sob seleção poderia resultar num esquema inadequado para a produção de sementes.

Neste trabalho, optou-se por ignorar-se as diferenças entre procedências e selecionar o mesmo número de indivíduos em cada procedência com base nos maiores ganhos genéticos em volume através de seleção no DAP. O fato de utilização de todas as procedências, é decorrente da necessidade do resgate do material genético das populações em estudo e conseqüentemente da ampliação da base genética e da racionalização da disposição dos indivíduos na área do pomar de sementes por mudas após o desbaste.

Acurácia corresponde à correlação entre o valor genético verdadeiro e o índice de seleção utilizado para estimá-lo. Este parâmetro seria ideal para a escolha do método de seleção que possibilite as maiores

previsões de ganho genético, se todos os métodos permitissem a mesma intensidade de seleção, pois o ganho genético é diretamente proporcional à acurácia; maior acurácia indica maior precisão na seleção. O termo valor genético refere-se ao mérito genético aditivos dos indivíduos, equivalendo à soma dos efeitos médios dos genes que eles possuem (RESENDE, 1994 a, p.13).

O intervalo de confiança do ganho genético é utilizado para definir com segurança o método de seleção com as maiores possibilidades de ganho genético. Na interpretação dos intervalos de confiança, observa-se que métodos com maior acurácia apresentam intervalos menos amplos. Assim, não devem ser analisados os limites superiores dos intervalos, para a escolha do melhor método, mas sim os limites inferiores (Tabelas 16 e 17).

Os métodos cujo limites inferiores dos intervalos de confiança apresentem as maiores estimativas de ganho genético, podem ser julgados como melhores, pois, permitem maior segurança na seleção (RESENDE *et al.*, 1995).

As acurácias e os intervalos de confiança foram os parâmetros usados para a determinação do método de seleção que possibilitou as maiores estimativas de ganho genético em volume via seleção em DAP estão apresentados nas Tabelas 16 e 17.

TABELA 16 - ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADA E PORCENTAGEM DO GANHO GENÉTICO INDIRETO EM VOLUME (GS) ATRAVÉS DA SELEÇÃO COM BASE NO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO.

PROCE.	SELEÇÃO	VOLUME		INT. CONF. DO GS EM VOLUME	NOVA MÉDIA DA POPULAÇÃO APÓS A SELEÇÃO (m³/ha)
		ACURÁCIA	GS (%)		
La Campa (Honduras)	NO BLOCO*				
	Individual	0,386	13,62	10,4 - 16,8	0,331
	Combinada	0,488	18,26	15,3 - 21,3	0,347
	Multi-Efeito	0,504	18,96	15,9 - 21,9	0,349
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,384	24,81	16,4 - 33,2	0,364
El Castaño (Guatemala)	Combinada	0,488	27,17	19,3 - 35,0	0,373
	Multi-Efeito	0,505	28,11	20,3 - 35,9	0,373
	NO BLOCO*				
	Individual	0,414	9,49	6,2 - 12,8	0,308
	Combinada	0,493	11,68	8,6 - 14,8	0,315
	Multi-Efeito	0,506	12,39	9,3 - 15,5	0,317
Guaimaca (Honduras)	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,416	12,66	4,1 - 21,2	0,3174
	Combinada	0,493	15,33	7,2 - 23,4	0,345
	Multi-Efeito	0,509	15,42	7,4 - 23,4	0,325
	NO BLOCO*				
	Individual	0,379	4,50	2,1 - 6,9	0,317
San Marcos (Honduras)	Combinada	0,466	9,62	7,7 - 11,5	0,323
	Multi-Efeito	0,488	9,62	7,7 - 11,6	0,333
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,379	6,84	1,6 - 12,0	0,324
	Combinada	0,466	12,0	7,0 - 17,0	0,340
	Multi-Efeito	0,491	12,0	7,2 - 16,8	0,340
Las Cruces (Honduras)	NO BLOCO*				
	Individual	0,212	2,72	0,7 - 4,7	0,307
	Combinada	0,335	5,11	3,2 - 7,0	0,314
	Multi-Efeito	0,342	5,11	3,2 - 7,0	0,314
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,213	3,87	-	0,310
San Luis (Guatemala)	Combinada	0,335	6,32	1,3 - 11,3	0,318
	Multi-Efeito	0,343	6,32	1,3 - 11,1	0,318
	NO BLOCO*				
	Individual	0,338	7,49	4,0 - 10,9	0,328
	Combinada	0,445	9,28	6,0 - 12,6	0,331
	Multi-Efeito	0,459	9,79	6,5 - 13,0	0,334
Tablazon (Honduras)	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,339	7,97	-	0,337
	Combinada	0,445	11,14	2,6 - 19,7	0,337
	Multi-Efeito	0,463	12,13	3,7 - 20,6	0,339
	NO BLOCO*				
	Individual	0,436	12,21	8,4 - 16,0	0,327
San Luis (Guatemala)	Combinada	0,508	17,64	14,0 - 21,2	0,343
	Multi-Efeito	0,523	17,81	14,3 - 21,3	0,344
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,438	18,75	8,9 - 28,5	0,346
	Combinada	0,508	23,50	14,1 - 32,9	0,360
	Multi-Efeito	0,526	25,07	15,7 - 34,3	0,365
Tablazon (Honduras)	NO BLOCO*				
	Individual	0,624	23,23	18,3 - 28,1	0,369
	Combinada	0,620	27,0	22,2 - 31,8	0,380
	Multi-Efeito	0,651	27,6	22,9 - 32,3	0,382
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,631	41,35	28,6 - 54,0	0,420
Tablazon (Honduras)	Combinada	0,620	45,13	32,3 - 57,9	0,432
	Multi-Efeito	0,666	45,59	33,2 - 58,0	0,436

* Seleção no Bloco = pomar de sementes por mudas, ** Seleção no Experimento = pomar de sementes clonal

4.8.1 ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO BLOCO (POMAR DE SEMENTES POR MUDAS)

Para implantação do pomar de sementes por mudas a partir do teste de procedência e progênies de *P. oocarpa* localizado em Angatuba, SP, deverão ser selecionados 27 indivíduos por procedência que apresentaram os maiores ganhos genéticos em DAP. O número de indivíduos selecionados por procedência correspondeu à uma intensidade de seleção entre 8,33% (Tablazon) e 6,25% (demais procedências), o que deixaria o pomar com 189 indivíduos que deverão estar distribuídos de maneira equilibrada numa área de 3,18 ha.

Optou-se por conduzir a seleção através do DAP, devido à sua maior facilidade de avaliação e precisão em relação à altura. Além disso, o DAP e o volume apresentaram as maiores correlações genéticas aditivas aliado aos menores desvios padrões em todas as procedências deste estudo (Tabela 15).

A seleção destes indivíduos, proporcionou estimativas do ganho genético indireto em volume através da seleção individual de 10,46%, na seleção combinada de 14,08% e no índice multi-efeito de 14,46%. Elevando a nova média das populações em apenas um ciclo de seleção de 0,2964 m³/árv. para 0,3272 m³/árv (seleção individual), para 0,3388 m³/árv. (seleção combinada) e para 0,3418 m³/árv. (índice multi-efeito) (Tabela 17).

TABELA 17 - ACURÁCIAS E GANHOS GENÉTICOS INDIRETOS EM VOLUME (GS) NA IMPLANTAÇÃO DO POMAR DE SEMENTES POR MUDAS (BLOCO) E POMAR DE SEMENTES CLONAL (EXPERIMENTO) DE *Pinus oocarpa*, AOS NOVE ANOS DE IDADE, EM ANGATUBA, SP.

MÉTODOS DE SELEÇÃO	VOLUME		
	Acurácias	GS (%)	NOVA MÉDIA DA POPULAÇÃO (m ³ /árv)
No Bloco (PSM)			
individual	0,398	10,46	0,3272
combinada	0,479	14,08	0,3388
multi-efeito	0,496	14,46	0,3418
No Experimento (PSC)			
individual	0,400	16,6	0,3457
combinada	0,479	20,0	0,3550
multi-efeito	0,500	20,6	0,3564

As acurácias e os limites inferiores dos intervalos de segurança dos ganhos genéticos indiretos do volume referente ao método de seleção denominado índice multi-efeito foram, no mínimo, iguais àquelas obtidas para a seleção combinada no bloco e sempre superiores àquelas obtidas para seleção individual (Tabela 16). Este fato é esperado, já que os métodos de seleção entre e dentro de progênies (KAGEYAMA, VENCOVSKY, 1983; p.9) e seleção combinada (RESENDE; HIGA, 1994 a, p.14), normalmente, utilizam para a seleção apenas duas fontes de informações: o desvio do valor individual em relação à média de família no bloco e da média da família em relação à média geral do teste de progênie. Porém, em esquemas de melhoramento sem o emprego de sementes remanescentes e com baixo número de plantas por parcela, usando-se apenas estas duas fontes de informações, frações da variância genética aditiva não são consideradas na seleção, ficando retidas nos efeitos de parcela (RESENDE; HIGA, 1994 b, p.46). A seleção combinada tende a selecionar muitos indivíduos em determinadas famílias em virtude do maior peso dado a informação família. Em populações de melhoramento, este fato, não representa grandes

problemas, pois nas próximas gerações haverá seleção contra indivíduos endogâmicos com características indesejadas, observado-se o tamanho efetivo da população, adequado à obtenção do limite seletivo. Para populações de produção, cuidados especiais devem ser observados, de forma a impedir cruzamento entre indivíduos aparentados, o que pode levar a endogamia. Esses cuidados envolveriam a instalação criteriosa de pomares, de modo a manter um bom distanciamento entre parentes (RESENDE; HIGA, 1994 a, p.14).

O intervalo de confiança para determinação do ganho genético em volume foi construído com 95% ($t=1,96$) de confiança num teste bilateral. Considerando-se que a construção do intervalo de confiança do ganho genético levou em consideração o ganho genético e a acurácia, pode-se inferir que este parâmetro revela de maneira eficiente o método de seleção com as maiores probabilidades de ganho. Com base no limite inferior dos intervalos de confiança do ganho e nas acurácias, é aconselhável optar pela utilização do índice multi-efeito, pois sua adoção não implica em custos adicionais ao processo seletivo e maximizou o ganho genético indireto em volume (Tabela 16).

Embora as diferenças de ganho genético obtidas entre os três métodos de seleção testados sejam de pequenas magnitudes, representa muito, considerando-se que os plantios florestais ocupam grandes áreas.

4.8.2 ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (POMAR DE SEMENTES CLONAL)

A seleção ao nível de experimento objetiva a instalação de pomar de sementes clonal. O número de indivíduos selecionados corresponde à uma intensidade de seleção entre 1,23% (Tablazon) e 0,93% (demais procedências). Foram selecionados 4 indivíduos por procedência que apresentaram os maiores ganhos genéticos em DAP, totalizando 28 indivíduos no pomar de sementes clonal (PSC).

Na implantação do PSC, a seleção individual proporcionou estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume de 16,6%, a seleção combinada de 20% e o índice multi-efeito de 20,6%. Elevando a nova média da população após um ciclo de seleção de 0,2964 m³/árv. para 0,3457 m³/árv. (seleção individual), para 0,3550 m³/árv. (seleção combinada) e para 0,3564 m³/árv. (índice multi-efeito) (Tabela 17).

Observa-se que a seleção índice multi-efeito apresentou acurácias e ganhos genéticos indiretos em volume maiores ou iguais a seleção combinada, e esta, maior que a seleção individual na implantação do pomar de sementes clonal. Resultado similar foi observado para o pomar de sementes por mudas (Tabela 17).

Com base nos ganhos genéticos e nas acurácias, pode-se inferir que a seleção índice multi-efeito maximizou os ganhos genéticos indiretos em volume tanto na implantação do pomar de sementes por mudas como no pomar de sementes clonal.

5 CONCLUSÕES:

- a) Variações genéticas foram detectadas entre e dentro de procedências e progênes para altura, DAP, volume, forma do fuste, árvores bifurcadas e árvores com copa quebrada, revelando o potencial das populações em teste para ser explorado em termos de seleção.
- b) As maiores produções volumétricas foram observadas nas procedências Guaimaca, Las Crucitas e San Marcos, originadas de regiões de menor longitude e latitude. San Luís e El Castaño apresentaram a menor produção em volume e tem sua origem em região de maior longitude e latitude.
- c) As correlações negativas entre a forma do fuste em Angatuba, SP, com as características geográficas de origem das sementes, indicam que as procedências San Marcos, Guaimaca, Tablazon e Las Crucitas, originadas de regiões de menor longitude, apresentaram árvores com fustes menos tortuosos.
- d) As procedências testadas em Angatuba, SP, apresentaram elevado número de árvores bifurcadas e com copa quebrada, sendo que El Castaño e San Luís originadas de regiões de maior longitude e latitudes tendem a apresentar menor número de árvores bifurcadas.
- e) A densidade básica da madeira e o índice de Runkel, indicam que a madeira das procedências em teste em Angatuba, SP, terá alto rendimento volumétrico de celulose e fornecerá papel de boa qualidade.

- f) As características de maior controle genético foram respectivamente forma do fuste, densidade básica da madeira, volume, DAP e por fim altura e diâmetro dos galhos, revelando boas perspectivas de resposta à seleção.
- g) A Seleção de árvores visando maximizar o ganho genético em volume deverá ser baseada no DAP, em virtude dos altos coeficientes de correlação genética aditiva seguido por baixos desvios padrões entre essa característica com o volume.
- h) A seleção com base no DAP não irá diminuir significativamente a densidade básica da madeira das árvores selecionadas, pois as correlações genéticas aditivas entre estas características, foram negativas e de pequena magnitude.
- i) No pomar de sementes por mudas as estimativas de ganho genético indireto em volume através da seleção individual foi 10,46%, pela seleção combinada de 14,08% e pelo índice multi-efeito de 14,46%.
- j) No pomar de sementes clonal as estimativas de ganho genético indireto em volume através da seleção individual foi 16,6%, pela seleção combinada de 20% e pelo índice multi-efeito de 20,6%.

II VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROGÊNIES DE *Pinus caribaea* var.

hondurensis Barr. et. Golf. E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA

MELHORAMENTO GENÉTICO

RESUMO

Foi estudada a variação genética através de dois testes de progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf., instalados em área pertencente a PISA Florestal, fazenda Moquém, no município de Tibagi, PR, em setembro de 1988. O delineamento adotado foi o blocos de famílias compactas, com nove repetições e parcelas lineares de seis plantas, envolvendo duas procedências com 35 famílias, além de uma testemunha comercial (*P. taeda*) em espaçamento de 3 x 3 m. Aos cinco anos de idade, foram avaliadas as características altura total, DAP, volume, forma do fuste, diâmetro dos galhos, árvores com copa quebrada, árvores bifurcadas, árvores com "foxtail" e porcentagem de falhas. Foram detectadas variações genéticas significativas entre procedências e entre progênies, e entre progênies dentro de cada procedência para as características de crescimento, árvores bifurcadas e árvores com "foxtail". As herdabilidades no sentido restrito estimadas ao nível de indivíduos no experimento foram similares às obtidas entre plantas dentro de progênies e de blocos, e que, por sua vez, foram inferiores às obtidas ao nível de médias de progênies. O desvio padrão dos coeficientes de herdabilidade foram moderados, indicando que as previsões de ganho genético através da seleção possuem precisão aceitável. Os coeficientes de herdabilidade foram de maiores magnitudes para o volume, seguido do DAP e altura, mostrando as perspectivas de respostas à seleção dessas características. Os resultados revelaram que a procedência Poptún (Guatemala) apresentou maior produtividade volumétrica em relação a Isla de Guanaja (Honduras), porém, com elevado número de árvores com "foxtail" e fustes tortuosos. Em função do elevado coeficiente de correlação genética associado a baixos desvios padrões entre as características DAP e volume, a seleção visando produtividade volumétrica, deverá ser conduzida através do DAP. As estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de blocos (Pomar de sementes por mudas) através da seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 16,6%, 17,9% e 18,5%. Ao nível de experimento (Pomar de sementes clonal) as estimativas de ganho genético indireto em volume com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 27,2%, 28,9% e 29,7%, revelando que a seleção pelo índice multi-efeito, maximizou as estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de bloco (Pomar de sementes por Mudanças) e experimento (Pomar de sementes clonal).

1 INTRODUÇÃO

A introdução de espécies florestais exóticas no Brasil proporcionou, incontestavelmente, grandes benefícios para o desenvolvimento socioeconômico de diversas regiões do país, principalmente em áreas cujas características de solo e clima desestimulavam a atividade agrícola. Destaca-se não apenas o aumento da oferta de empregos e matéria-prima para alimentar a indústria siderúrgica e de papel e celulose, mas também a substituição de grande parte do extrativismo deletério em áreas de vegetação natural.

P. caribaea var. *hondurensis* ocorre naturalmente na costa atlântica da América Central, de Belize até a Nicarágua. Os resultados de testes de procedências de *P. caribaea* em 22 países tropicais indicam que a variedade *hondurensis* apresenta crescimento superior às variedades *bahamensis* e *caribaea* (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.17). As procedências que apresentaram o maior crescimento para a variedade *hondurensis* são originárias da Nicarágua (Karawala, Alamicamba e Santa Clara), de Honduras (Brus Lagoon) e da Guatemala (Poptún) (GREAVES, 1983, p.13).

No Brasil, é a espécie mais cultivada dos *Pinus* tropicais, principalmente no Estado de São Paulo em altitudes variando entre 500 a 700 m. Estudos indicam que dos 500.00 ha reflorestados com *Pinus* tropicais no Brasil, 70 % são de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, porém na região sul do país, a susceptibilidade às temperaturas inferiores a 4°C e as geadas, são fatores limitantes para esta espécie (EMBRAPA, 1986, p.20).

O rápido crescimento do *P. caribaea* var. *hondurensis* em áreas de baixa fertilidade aliado às boas características tecnológicas da madeira e a existência de áreas potenciais para o estabelecimento de plantios comerciais desta espécie no sul do Brasil, têm despertado o interesse de várias empresas florestais visando produtividade volumétrica para produção de celulose e papel.

Assim, este trabalho propõe-se a trazer informações sobre o comportamento das procedências Poptún e Isla de Guanaja na região de Tibagi, PR, e tem por objetivos :

- a) Estudar a grandeza da variação genética das características de crescimento e forma das árvores;
- b) Estimar os parâmetros genéticos para as características de crescimento e forma das árvores das populações em estudo;
- c) Determinar como as características relacionadas ao crescimento da árvore se correlacionam;
- d) Determinar o ganho genético em volume de madeira através da seleção individual, combinada e pelo índice multi-efeito na implantação de pomar de sementes por mudas e pomar de sementes clonal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

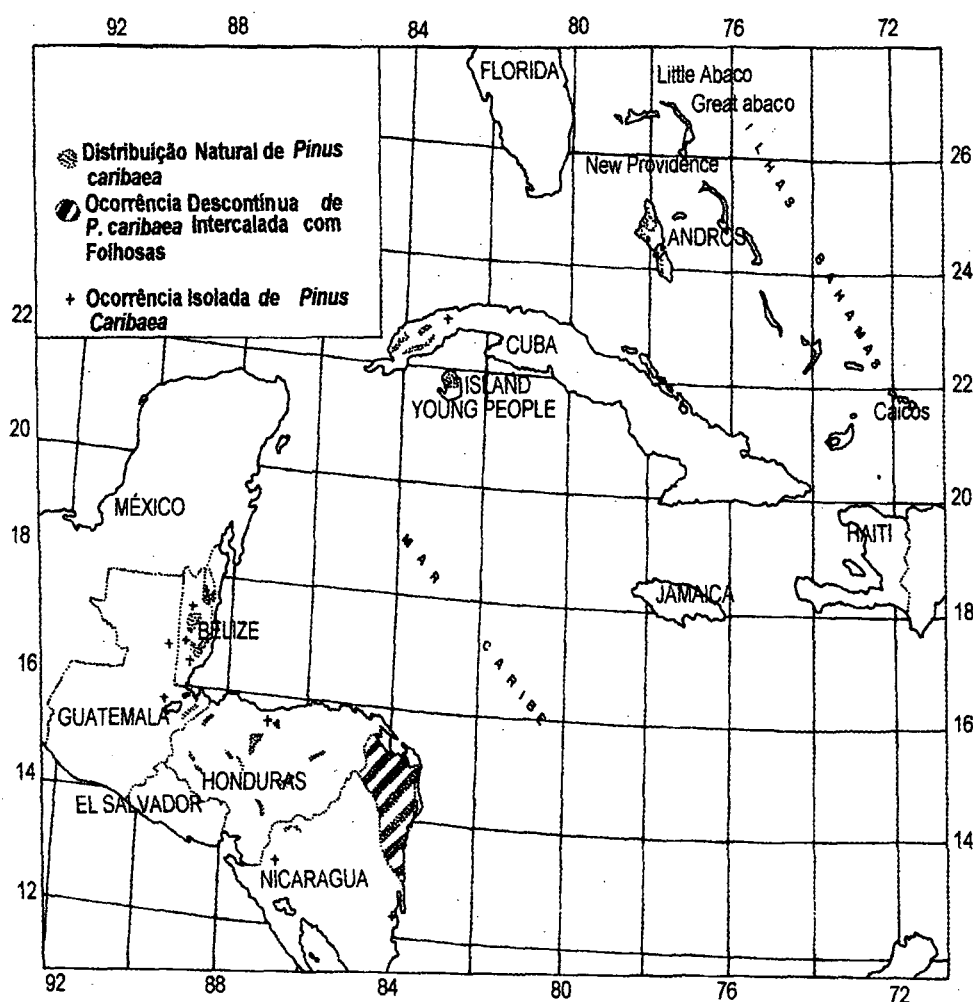
Originário da América Tropical, o *Pinus caribaea* foi classificado por Barret e Golfari, em três variedades taxônomicas: variedade *caribaea*, de Cuba e Isla de los Pinos; variedade *bahamensis* das Bahamas e Ilhas Caicos e variedade *hondurensis*, da América Central (LAMB, 1973, p.3).

P. caribaea var. *hondurensis* ocorre ao longo das terras baixas e úmidas da Costa Atlântica, principalmente nas planícies costeiras de Belize, nordeste de Honduras e Nicarágua. Existe grande descontinuidade na sua distribuição, particularmente ao longo da costa norte de Honduras, onde as altas cadeias de montanhas aproximam-se do mar, em latitudes compreendidas entre 12° e 18°N e altitudes entre 0 e 1000 metros (Figura 3). O regime de chuvas é periódico, podendo ocorrer, em alguns locais, períodos secos com duração de até 6 meses. A temperatura média anual varia de 21° a 27°C, a média das máximas do mês mais quente, entre 29° e 34°C e a média das mínimas do mês mais frio, entre 15° e 23°C. Os solos são arenosos, bem drenados, ácidos ou neutros, podendo ocasionalmente suportar curtos períodos de alagamento, alcançando seu melhor crescimento nos solos de aluvião (GREAVES, 1983, p.16).

As árvores desta espécie podem atingir até 45 m de altura e DAP de 1,35 m em sítios de ótima qualidade. Possuem de 2 a 3 acículas por fascículo, cones de 4 a 12 cm de comprimento, sementes aladas e casca marron (LAMB, 1973). A sensibilidade ao frio é condição limitante para esta espécie. Em seu habitat natural raramente a temperatura mínima alcança

5°C. A qualidade de sítio também influencia o desenvolvimento desta espécie (EMBRAPA, 1986, p.20).

FIGURA 3 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA ORIGEM DAS SEMENTES DE *Pinus caribaea* var. *hondurensis*



Em Poptún, Guatemala, os povoamentos naturais de *P. caribaea* var. *hondurensis* ocorrem em terras planas a altitudes de 650 m, em solos pouco profundos, argilosos e ácidos. A floresta natural ocupa área de 7500 ha, apresentando-se pouco densa (34 árv/ha) com indivíduos com boas

características fenotípicas e elevada produtividade volumétrica (HOUE, 1969, p.8). Em Honduras, na região de Mosquitia, existem populações com produção de 21 m³/ha (SALAZAR; ALBERTIN, 1973, p.444). Na Nicarágua esta variedade ocorre em terras baixas (costa do atlântico) desde Bluefields até o coco fronteira com Honduras em solos arenosos, ácidos e muito pobres (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.17).

Em experimentos em dois locais do Norte da Austrália, as procedências de Poptún (Guatemala), Prinzapolka (Nicarágua), Mountain Pine Ridge (Belize) e Byfield (Austrália) apresentaram melhor crescimento na localidade de Humpty Doo, enquanto que nas ilhas de Melville as procedências da Nicarágua (Prinzapolka e Silma Sia), Honduras (Brus Lagoon) e Belize (Mountain Pine Ridge) apresentaram melhor desempenho (CRACIUM, 1978, p.325).

No Brasil, os experimentos localizados em Aracruz, município de Espírito Santo, as procedências de Melinda (Belize), Guanaja e Culmi (Honduras), Alamicamba e Rio Coco (Nicarágua) apresentaram as maiores produtividade volumétricas aos sete anos de idade (KAGEYAMA; CASER, 1982, p.33). Em Felixlândia, MG, as procedências Poptún (Guatemala) e Los Limones (Honduras), apresentaram as maiores alturas e DAP aos cinco anos de idade. Enquanto a melhor forma do fuste e menor diâmetro dos galhos foram apresentados pelas procedências Los Limones e Santa Cruz (LIMA, 1990, p.22).

As procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* que apresentaram maiores médias das características de crescimento (HT, DAP e VOL) em Porto Rico, foram respectivamente Mountain Pine Ridge, Poptún e Santa

Clara, enquanto que a procedência Ilha de Guanaja apresentou o menor desenvolvimento das referidas variáveis (WRIGHT *et al.* 1988, p.123)

A análise das características de crescimento e a interação da espécie com o sítio em 16 testes de procedências de *P. caribaea* Morelet instaladas em diversos países, indicou que a produtividade da variedade *P. caribaea* var. *hondurensis* foi superior a *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *bahamensis* em todos os sítios testados. As melhores procedências foram Santa Clara, Poptún, Culmi, Potosi e Mountain Pine Ridge. Porém a procedência mais produtiva em todos os sítios foi Byfield (Queensland) (GIBSON *et al.* 1983, p.93).

A CAMCORE estabeleceu quatro testes de procedência e progênes na Venezuela e Colômbia e dois testes no Brasil. A avaliação aos cinco anos destes testes, indicaram que a maior variação em volume ocorreu no Brasil. Na Venezuela, a procedência Poptún, apresentou a maior porcentagem de árvores com “foxtail” e bifurcadas (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.19).

Com densidade básica entre 0,30 e 0,50 g/cm³, a madeira desta espécie pode ser empregada para construções, celulose de fibra longa, chapas de fibras (BARRICHELO, 1984, p.104). Alto coeficiente de determinação linear (R^2) entre esta característica e a resistência da madeira juntamente com as propriedades físicas do papel foram observadas por GOODWIN-BAILE; PALMER (1987, p.49). Entretanto, entre as três variedades de *P. caribaea*, a variedade *hondurensis* é a que apresenta maior incidência de “foxtail” e a maior susceptibilidade aos ventos fortes, especialmente as procedências do interior. Assim, para áreas sujeitas a

ventos fortes e freqüentes, recomenda-se o plantio de procedências de origem litorânea como Alamicamba (Nicarágua) (EMBRAPA, 1986, p.21).

Entre os *Pinus* tropicais cultivados no Brasil, o *P. caribaea* var. *hondurensis* é que apresenta maiores facilidades para obtenção de sementes. No Paraná é indicada para plantios nas regiões bioclimáticas 4, 5, 6 e 7, sendo recomendado para plantios de comprovação na região 3, em decorrência da similaridade com as condições de Missiones, Argentina, onde tem sido plantada com sucesso, principalmente, em regiões onde não ocorrem geadas (EMBRAPA, 1986, p.21).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

As sementes de *P. caribaea* var. *hondurensis* foram coletadas pela CAMCORE, com a participação do Banco de Semillas Forestales (BANSEFFOR), da Guatemala, e da Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), de Honduras. A relação das procedências e das testemunhas, número de progênies de meio-irmãos e a localização geográfica são apresentados na Tabela 18.

TABELA 18 - CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE ORIGEM DAS PROCEDÊNCIAS DE *P. caribaea* var. *hondurensis* E TESTEMUNHA TESTADAS EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	NUM DE PROG	LATITUDE (N)	LONGITUDE (W)	ALTITUDE (m)	PRECIPITAÇÃO (mm)
Isla de Guanaja (Honduras)	22	16°28'	85°54'	60-165	2447
Poptún (Guatemala)	13	16°21'	89°25'	470-580	1688
Test. 999 (<i>P. taeda</i>)		24°07'	50°09'	840	1339
Jaguariaíva, PR.					

As sementes foram coletadas em regiões predominantemente secas, observando-se a distância mínima de 100 m entre árvores matrizes, em populações com as seguintes características:

- Isla de Guanaja (Honduras): população de boa qualidade fenotípica com árvores adultas com boa forma de fuste.
- Poptún (Guatemala): população de boa qualidade fenotípica com árvores adultas com IMA (incremento médio anual) em volume de 2,6 m³/ha/ano e regeneração natural quase ausente por causa do fogo.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 INSTALAÇÃO DOS ENSAIOS

Os dois testes de progênies foram implantados em Tibagi, PR, na Fazenda Moquem, pertencente à PISA florestal, localizada entre 24°07' de latitude (S) e 50°09' de longitude (W) à altitude de 840 m e precipitação média anual em torno de 1339 mm. A temperatura média anual é de 20,9°C, máxima absoluta de 37°C (janeiro), mínima absoluta de 0°C (junho). A vegetação da área do experimento era constituída por talhões de *P. taeda* e o solo do tipo Latossolo Amarelo, grupamento indiscriminado.

As mudas foram originadas por sementes fornecidas pelo convênio CAMCORE e EMBRAPA, e produzidas em Jaguariaíva, PR, no viveiro da PISA Florestal por semeadura direta em recipiente de plástico com substrato de Latossolo vermelho escuro. A adubação no viveiro foi efetuada mediante a aplicação de NPK, na proporção 4:16:8, enriquecida com boro e zinco, na dosagem de 500 mg por recipiente, antes da semeadura e aos 45 e 90 dias posteriores. O solo foi preparado com aração e gradeação e o plantio efetuado quando as mudas atingiram aproximadamente 30 cm de altura (oito meses após a semeadura) em espaçamento 3 m x 3 m em setembro de 1988, período seco, o que ocasionou elevado índice de mortalidade das mudas. Vinte dias após o plantio, as mudas mortas foram substituídas.

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento utilizado para a instalação dos experimentos foi o de blocos incompletos chamados por PANSE; SUKTAME (1964, p.240) de blocos de famílias compactas (compact family blocks) com nove repetições e parcelas com linha de seis plantas. Foram instalados dois testes de progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*. O primeiro com 22 progênies e o segundo com 13 progênies e uma testemunha comum aos dois testes. A diferença do número de progênies de *P. caribaea* var. *hondurensis*, se deve a problemas relativos à época de colheita, quando nem todas as árvores escolhidas das populações naturais amostradas apresentaram frutos no estado ideal, isto é, com sementes viáveis.

3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL

No quinto ano foram avaliadas as características de altura total, DAP, volume, forma do fuste; diâmetro do galho, número de árvores com "foxtail", sobrevivência das plantas; número de árvores bifurcadas e árvores com copa quebrada. A coleta e análise dos dados para as características de altura total, DAP; forma do fuste, diâmetro dos galhos, volume; número de árvores com copa quebrada, sobrevivência, número de árvores bifurcadas e número de árvores com "foxtail", foram efetuados de acordo com a metodologia padronizada pela CAMCORE e descrita no capítulo 1.

3.2.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA

A análise de variância para as características em estudo, foi realizada para cada procedência em separado, conforme esquema adaptado por RESENDE; ARAUJO (1993, p.37), obedecendo ao seguinte modelo estatístico:

$$Y_{(ijk)} = \mu + P_i + b_j + e_{(ij)} + d_{(ijk)}$$

$Y_{(ijk)}$ = observação da planta k, da progênie i na repetição j;

μ = média geral;

p_i = efeito da progênie i ;

b_j = efeito da repetição j, com j = 1, 2, .. 9;

$e_{(ij)}$ = erro experimental associado à progênie i na repetição j;

$d_{(ijk)}$ = efeito entre plantas dentro de parcela, associado ao indivíduo k da progênie i na repetição j; com k = 1, 2 , 6.

O esquema da análise de variância para os blocos de famílias compactas, ao nível de médias de parcelas, com as respectivas esperanças dos quadrados médios, considerando todos os efeitos como aleatórios, exceto a média, seguiu o modelo sugerido por RESENDE; ARAUJO (1993, p.39) e encontra-se na tabela 19.

TABELA 19 - ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO UTILIZADO, COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS.

F V	GL	QM	E(QM)	F
Prog/Proc	$\sum_i (f_i - 1)$	Q_2	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p}^2$	Q_4/Q_5
Prog/Proc 1	$f_1 - 1$	Q_3	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_1}^2$	Q_3/Q_5
Prog/Proc 2	$f_2 - 1$	Q_4	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_2}^2$	Q_4/Q_5
Erro (b)	$(b-1)\left(\sum_i f_i - p\right)$	Q_5	σ_b^2	
Total	$\left(b\sum_i f_i\right) - 1$			

onde: b = o número de blocos; p = n° de procedência; f_i = número de progênies na procedência i; σ_p^2 = variância entre procedências; $\sigma_{f/p}^2$ = variância entre progênies dentro de procedências; σ_r^2 = variância entre blocos; σ_b^2 = variância do erro b (variância do erro b entre progênies dentro de procedências).

Embora a comparação de médias entre procedências fique prejudicada em função das mesmas estarem em diferentes experimentos, optou-se por realizar o teste de Tukey, calculando-se o resíduo através da ponderação do quadrado médio do resíduo ($Q_{m_{res}}$) obtido para cada procedência. Neste caso, o F calculado é apenas aproximado (GOMES, 1976, p.25).

O esquema ao nível de plantas individuais só é válido para as características altura, DAP, forma do fuste, diâmetro dos galhos e volume, onde as coletas dos dados foram ao nível de árvores individuais. Para as características número de árvores com "foxtail", número de árvores bifurcadas, número de árvores com copa quebrada e sobrevivência, a obtenção dos dados foi ao nível de médias de parcelas.

3.2.5 ESTIMATIVAS DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS, PROGRESSO GENÉTICO ESPERADO COM A SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E ÍNDICE MULTI-EFEITO.

A obtenção de parâmetros genéticos para as progênes dentro de procedências *P. caribaea* var. *hondurensis*, foram obtidos através do programa genético-estatístico denominado "SELEGEN", desenvolvido por RESENDE *et al.* (1994). A metodologia para estimar correlações genéticas e fenotípicas entre pares de características, progresso genético esperado com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito, acurácias e intervalo de confiança do ganho genético estão descritas no capítulo 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

4.1 CRESCIMENTO EM ALTURA (HT), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME (VOL)

A análise de variância ao nível de progênes e a comparação da média de procedências pelo teste de Tukey para HT, DAP e VOL são apresentados na Tabela 20.

TABELA 20 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ALTURA (HT), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME (VOL) DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	HT (m)			DAP (cm)			VOL (m ³ /árv)		
		\bar{X}	CV (%)	F	\bar{X}	CV (%)	F	\bar{X}	cv (%)	F
Poptún (Guatemala)	13	8,7 A	8,6	2,6**	18,4 A	7,6	2,3**	0,097 A	19,0	3,6**
Isla de Guanaja (Honduras)	22	8,4 B	8,3	2,7**	17,2 B	8,5	2,5**	0,084 B	19,1	3,1**
Test 999 ^a (<i>P. taeda</i>)		6,2 C			10,4 C			0,022 C		
Média Geral ^b		8,5 ^b			17,8 ^b			0,091 ^b		
Fprog/proc. (em conjunto)				2,7**			2,4**			3,5**

** = significativo a 1% de probabilidade,

N = número de progênes dentro de cada procedência

\bar{X} = Média da procedência

CV(%) = coeficiente de variação da progênie dentro de cada procedência,

Test 999^a = *P. taeda* (Jaguarialva, PR),

^bMédia geral da análise de variância conjunta, não incluindo as testemunhas

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey

A análise de variância para HT, DAP e VOL, revelaram diferenças significativas ao nível de 5% (Teste de F) entre médias de progênes dentro de

cada procedência e entre as 35 progênies. Resultados semelhantes, foram observados por LIMA (1990, p.22), em Felixlândia, MG, onde a procedência Poptún aos seis anos de idade apresentou diferenças significativas entre progênies para altura, DAP e volume cilíndrico. Outros estudos também detectaram variabilidade genética para essas características nas diferentes populações de *P. caribaea* var. *hondurensis* introduzidas nas regiões sul e sudeste do Brasil (DVORAK; DONAHUE, 1992; p.19; EMBRAPA, 1986).

Os coeficientes de variação estimados ao nível de progênie dentro de cada procedência, para HT e DAP estão entre 7,6% e 8,6%. Para volume estão entre 19% e 19,1%. Estes valores, segundo GOMES (1976, p.16), são de magnitude média e indicam precisão aceitável para o experimento e para o critério de avaliação destas características (Tabela 20).

A comparação das médias de HT e DAP pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significancia, revelou que existem diferenças significativas entre procedências (Tabela 20). Entretanto, as considerações sobre estas características serão feitas através da avaliação do volume, já que esta variável é função da altura, DAP e do fator de forma das árvores. Considerando que os ensaios visam determinar a procedência de maior produção volumétrica, a procedência Poptún, pode ser considerada como a mais promissora, pois apresentou maior volume e difere significativamente a 5% (Teste de Tukey) de Isla de Guanaja e da testemunha *P. taeda* (Tabela 20). Produção volumétrica similar aos obtidos em Tibagi, PR, foram observados em testes com esta

espécie localizados na Venezuela e Colômbia (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.19).

É importante ressaltar que esta espécie é sensível a fatores climáticos e ambientais onde as temperaturas podem atingir valores abaixo de zero graus e com geadas. Solos férteis e bem drenados também contribuem para aumentar a produção em volume desta espécie (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.17). Trabalhos como os de MASSAKI (1979, p.72), indicam que as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis*, originadas de regiões de altitudes mais elevadas e de precipitação anuais mais baixas tendem a apresentar maior crescimento volumétrico em Agudos, SP. Resultado similar foi observado em Tibagi, PR, onde a procedência Poptún originada de região de maior altitude e menor precipitação em relação a Isla de Guanaja apresentou maior produção volumétrica.

O crescimento em HT e DAP das árvores das procedências Poptún e Isla de Guanaja, revelaram que as geadas ocorridas no ano de 1994, quando as árvores destas procedências estavam com 5 anos de idade, não foram fatores limitantes para a sobrevivência e nem causaram danos significativos como a queima das gemas terminais das árvores desta espécie na região de Tibagi, PR.

Estudos como os GIBSON *et al.* (1983, p.251) comprovaram que o *P. caribaea* var. *hondurensis* apresentou maior produtividade volumétrica em relação ao *P. caribaea* var. *caribaea* e *P. caribaea* var. *bahamensis* em 16 dos sítios testados na África do Sul, onde as procedências Poptún e Isla de Guanaja, apresentaram elevada produtividade volumétrica e alta interação

genótipo e ambiente. WRIGHT *et al.* (1988, p.125) em Porto Rico, observaram que as procedências Poptún, Mountain Pine Ridge, Potosi e Santa Clara apresentaram elevada produtividade volumétrica em relação à procedência Isla de Guanaja.

4.2 FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS

A análise de variância da forma do fuste (FF) e diâmetro dos galhos (DG) revelou que não existem diferenças significativas ao nível de 5% (teste de F) entre médias de progênies dentro de cada procedência e entre as trinta e cinco progênies (Tabela 21).

Os coeficientes de variação estimados ao nível de progênies dentro de procedências para forma do fuste estão entre 2,6% e 2,9% e para diâmetros dos galhos entre 1,6% e 4,4%. Segundo GOMES (1976, p.16), estes valores são de baixa magnitude, o que indica boa precisão para o experimento e para o critério de avaliação adotado (Tabela 21).

TABELA 21 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DO GALHO (DG) DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	FF			DG		
		\bar{X}	CV (%)	F	\bar{X}	CV (%)	F
Poptún (Guatemala)	13	1,0	2,9	0,99 ^{ns}	2,0	1,6	0,97 ^{ns}
Isla de Guanaja (Honduras)	22	1,0	2,6	0,71 ^{ns}	2,0	4,4	0,11 ^{ns}
Test 999 ^a		1,1			2,2		
Média Geral ^b		1,0 ^b			2,0 ^b		
F prog/proc (em conjunto)				1,1 ^{ns}			1,0 ^{ns}

ns = não significativo

Onde: N = número de progênies dentro de cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, CV(%) = coeficiente de variação da progênie dentro de cada procedência, Test 999^a = *P. taeda* (Jaguariaíva, PR), ^bMédia geral da análise de variância conjunta, não incluindo as testemunhas, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

A média geral da forma do fuste (1,0), indicou que as árvores das procedências em teste possuem fustes tortuosos. Resultados similares foram observados por MASSAKI (1989, p.37) no estado de São Paulo e Santa Catarina e por LIMA (1990, p. 22) em Felixlândia, MG, onde as árvores desta espécie, apesar da alta produtividade volumétrica, apresentaram fustes tortuosos.

A média geral dos diâmetros dos galhos foi 2,2 cm, indicando que as árvores no experimento possuem galhos com diâmetros muito próximos ao ponto médio da escala de avaliação.

A comparação das médias da forma do fuste e dos diâmetros dos galhos pelo teste de Tukey a 5% de significância, revelaram que não existem diferenças significativas destas características, entre as procedências Poptún, Isla de Guanaja e a testemunha *P. taeda* (Tabela 21). Estudos como os de

MASSAKI (1989, p.48), LIMA (1990, p.23), EISEMENN *et al.* (1983, p.62) e WOSSNER (1983, p.62) comprovam que existe forte correlação entre a forma do fuste na região do plantio com as características geográficas da região de origem das sementes. Neste estudo, em razão do pequeno número de procedências em teste, optou-se por não se considerar os valores destas correlações.

4.3 ÁRVORES COM COPA QUEBRADA E ÁRVORES BIFURCADAS

A comparação das médias de procedências pelo teste de Tukey bem como a análise de variância ao nível de progênes para árvores com copa quebrada e bifurcada são apresentados na Tabela 22.

TABELA 22 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE MÉDIAS DE PROGÊNES E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY DE ÁRVORES COM COPA QUEBRADA (CQ) E ÁRVORES BIFURCADAS (BIF) DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	CQ (%)			BIF (%)		
		\bar{X}	CV (%)	F	\bar{X}	CV (%)	F
Poptún (Guatemala)	13	23,5 A	47,5	1,34 ^{ns}	34,5 A	41,3	1,86**
I. de Guanaja (Honduras)	22	20,6 B	50,6	0,79 ^{ns}	32,8 B	39,6	1,54*
Test 999 ^a (<i>P. taeda</i>)		14,6 C			27,9 C		
Média Geral ^b	22 ^d				33,6 ^d		
Fprog/proc (em conjunto)				0,99 ^{ns}			1,66**

* = significativo a 5% de probabilidade, ** = significativo a 1% de probabilidade de erro, ns = não significativo, N = número de progênes dentro de cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, CV(%) = coeficiente de variação da progênie dentro de cada procedência, Test 999^a = *P. taeda* (Jaguarialva, PR), ^bMédia geral da análise de variância conjunta, não incluindo as testemunhas, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

A análise de variâncias de árvores bifurcadas revelou diferenças significativas ao nível de 5% (teste de F) entre médias de progênies dentro de cada procedência e entre as 35 progênies. Para árvores com copa quebrada, não foram observadas diferenças significativas entre médias de progênies e de progênies dentro de procedências (Tabela 22).

Os coeficientes de variação estimados ao nível de progênies dentro de procedências para árvores bifurcadas estão entre 39,6% e 41,3%. Para árvores com copa quebrada entre 47,5% e 50,6%. Estes valores podem ser considerados altos (GOMES, 1976, p.16), demonstrando grandes variações nos dados analisados, possibilitando considerável margem de erro na metodologia para estimar estas características.

As médias de 22% de árvores com copa quebrada e 33,6% de árvores bifurcadas indicaram a susceptibilidade de *P. caribaea* var. *hondurensis* aos fatores ambientais e climáticos da região de Tibagi, PR. Os testes implantados pela CAMCORE na Venezuela e Colômbia indicaram que esta espécie, apresentou elevado número de árvores com fustes quebrados, quando introduzida em regiões com precipitação anual média inferior à das regiões de origem das sementes (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.17). Estes resultados também foram observados em Tibagi, PR, onde a precipitação média anual é de 1339 mm, valor inferior aos observados em Poptún (1688 mm) e Isla de Guanaja (2447 mm). Estudos como os de MASSAKI (1989, p.62) em Capão Bonito, SP, indicam que as árvores desta espécie originadas de regiões de maior altitude e menor precipitação apresentaram maior quebra do fuste.

DVORAK; DONAHUE (1992, p.19), indicam que a qualidade de sítio exerce forte influência sobre as características de crescimento desta espécie e que as melhores procedências num determinado sítio nem sempre apresentam bons resultados em outro. Estes autores observaram que, em testes localizados a Oeste de Llanos na Venezuela, a procedência Poptún aos 5 anos de idade apresentou de 33% a 51% de árvores bifurcadas. Em Tibagi, PR, a procedência Poptún apresentou o maior número de árvores com copa quebrada e bifurcada, diferindo significativamente ao nível de 5% (teste de Tukey) de Isla de Guanaja e da testemunha *P. taeda* (Tabela 22).

4.4 SOBREVIVÊNCIA E ÁRVORES COM “FOXTAIL”

A análise de variância indicou que a procedência Poptún, apresentou diferenças significativas entre médias de progênies e de progênies dentro de procedência (teste F) para o número de árvores com “foxtail”, demonstrando a existência de variabilidade genética desta característica. Para a sobrevivência, não foram observadas diferenças significativas ao nível de 5% (teste F) entre progênies e de progênies dentro de procedências (Tabela 23).

Os coeficientes de variação estimados estão contidos nos intervalos entre 21,4% (sobrevivência) e 40,3% (número de árvores com “foxtail”). Estes valores são considerados altos, segundo GOMES (1977, p.16), indicando que os dados analisados possuem grandes variações, fato que possibilita considerável margem de erro na metodologia para estimar estas variáveis (Tabela 23).

TABELA 23 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROGÊNIES PELO TESTE DE TUKEY PARA SOBREVIVÊNCIA (SBR) E ÁRVORES COM "FOXTAIL" (FOX) DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	SBR (%)			FOX (%)		
		\bar{X}	CV(%)	F	\bar{X}	CV(%)	F
Poptún (Guatemala)	13	70,3	23,2	1,0 ^{ns}	39,9 A	37,7	2,3**
I. de Guanaja (Honduras)	22	70,9	21,4	0,9 ^{ns}	32,7 B	40,3	1,3 ^{ns}
Test 999 ^a (<i>P. taeda</i>)		71,4			14,7 C		
Média Geral ^b		70,6 ^b			35,8 ^b		
Fpro/proc (em conjunto)				0,9 ^{ns}			1,7**

** = significativo a 1% de probabilidade de erro, ns = não significativo

Onde: N = número de progênies dentro de cada procedência, \bar{X} = Média da procedência, CV(%) = coeficiente de variação da progênie dentro de cada procedência, Test 999^a = *P. taeda* (Jaguariaíva, PR), ^b Média geral da análise de variância conjunta, não incluindo as testemunhas, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

As médias de 35,8% de árvores com "foxtail" e de 70,6% de sobrevivência revelaram a susceptibilidade desta espécie aos fatores ambientais e climáticos da região de Tibagi, PR. Entre as três variedades de *Pinus caribaea* introduzidas no Brasil, a variedade *hondurensis* é a mais cultivada e com a maior incidência de "foxtail" (EMBRAPA, 1986; p.20). Esta característica é indesejável, pois além de comprometer a qualidade tecnológica da madeira, torna as árvores susceptíveis aos danos causados pelo vento, como a quebra da copa.

Estudos como os de GREAVES (1983, p.13) indicaram que sementes de *P. caribaea* var. *hondurensis*, de regiões de menores latitudes, originaram menor número de árvores com "foxtail", (GREAVES, 1983, p.13). MASSAKI (1979, p.73) concluiu que as procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* originadas de sítios do interior com altitudes mais elevadas e precipitações mais baixas, tendem a apresentar maior incidência de "foxtail" em Agudos, SP, e

Capão Bonito, SP. Resultados similares foram observados em Tibagi, PR, onde a procedência Poptún originada de região de maior altitude e menor precipitação apresentou maior incidência de “foxtail” e difere significativamente ao nível de 5% (Teste de Tukey) de Isla de Guanaja e da testemunha 999 (*P. taeda*) (Tabela 23).

Estudos desenvolvidos por LIMA (1992, p.22) em Felixlândia, MG, indicam que a procedência Poptún apresentou aproximadamente 30% das árvores com “foxtail” aos cinco anos de idade. Outros testes localizados em Llanos, na Venezuela, indicam que 42% a 49% das árvores desta espécie apresentaram “foxtail” (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.19).

A média de 70,4% de sobrevivência de *P. caribaea* var. *hondurensis* em Tibagi, PR, aos cinco anos de idade, revela elevado índice de mortalidade das árvores das duas procedências em teste. Este resultado pode ser justificado, pois na época de implantação dos experimento em Tibagi, PR, ocorreu uma prolongada seca, fato que contribuiu significativamente para aumentar a mortalidade das mudas. Trabalhos como os de LIMA (1990, p.22), indicam que a média de sobrevivência das árvores da procedência Poptún em Felixlândia, MG, aos cinco anos de idade foi 99%. Neste estudo não foram detectadas diferenças significativas ao nível de 5% (Teste de Tukey) desta característica, entre as médias das procedências Poptún, Isla de Guanaja e da testemunha *P. taeda* (Tabela 23).

4.5 ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, são de grande utilidade prática para o melhorista genético, pois indicam a fração do diferencial de seleção que é retido para a descendência (ZOBEL, TALBERT, 1984, p.127). Logo, características com os maiores coeficientes de herdabilidades no sentido restrito, por apresentarem maior controle genético, possuem maiores possibilidades de ganho genético por meio de seleção.

As estimativas dos coeficientes de herdabilidades no sentido restrito ao nível de médias de famílias, de indivíduo na parcela, no bloco e no experimento para as características de crescimento encontram-se na Tabela 24.

Tabela 24 - ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NA PARCELA (h^2_{ip}), AO NÍVEL DE PROGÊNIES (h^2_f), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), AO NÍVEL DE INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) E INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}) DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	HERDABILIDADES	HT	DAP	VOL
POPTÚN) (GUATEMALA)	h^2_{ip}	0,2371	0,2140	0,3740
	h^2_f	0,6816	0,7381	0,8030
		($\pm 0,107$) **	($\pm 0,123$) **	($\pm 0,089$) **
	h^2_p	0,1260	0,1595	0,2155
	h^2_{ib}	0,2489	0,2492	0,3884
ISLA DE GUANAJA (HONDURAS)	h^2_{ie}	0,2525	0,2470	0,3848
	h^2_{ip}	0,1570	0,1225	0,1764
	h^2_f	0,6679	0,6747	0,7480
		($\pm 0,187$) **	($\pm 0,136$) **	($\pm 0,108$) **
	h^2_p	0,1173	0,1206	0,1640
	h^2_{ib}	0,1862	0,1565	0,2188
	h^2_{ie}	0,1860	0,1555	0,2180

** desvio padrão do coeficiente de herdabilidade ao nível de média de progênie.

A estimativa dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito da forma do fuste e do diâmetro dos galhos não foi possível devido o valor do teste de F ser inferior a um. As estimativas dos coeficientes de herdabilidades no sentido restrito ao nível de médias de famílias para HT, DAP e VOL, foram maiores que os estimados ao nível de indivíduos nas parcelas, bloco e experimento (Tabela 24). Este fato, indica que a seleção para tais características pode ser mais eficiente ao nível de médias de famílias do que dentro de famílias. Resultados semelhantes, foram observados neste estudo para *P. maximinoi* e *P. oocarpa*, e em outras espécies florestais por KAGEYAMA (1980, p.82); STURION (1993, p.69); CORRÊA (1995, p.37).

A implantação deste experimento foi na estação seca, o que ocasionou elevado índice de mortalidade das árvores desta espécie em Tibagi, PR. RESENDE; HIGA (1994 b, p.46), observaram que quanto mais baixo o número de indivíduos por parcela, maior a importância das herdabilidades referentes aos efeitos parcela, em relação às herdabilidades entre e dentro de famílias. Neste estudo a sobrevivência ficou em torno de 71%, o que significa em média 4,26 indivíduos vivos por parcela, indicando que 17,6% da variância genética aditiva fica retida no efeito parcela. Observa-se que as herdabilidades relativas aos efeitos de parcela podem contribuir significativamente na determinação do ganho genético.

As características relacionadas ao crescimento da árvore geralmente apresentam baixos coeficientes de herdabilidade. Neste estudo os coeficientes de herdabilidades, ao nível de indivíduos, das características de crescimento,

podem ser considerados como de magnitude média, indicando que tanto os efeitos ambientais como os genéticos foram importantes na manifestação destas características. Deve-se ressaltar que as estimativas de herdabilidade individuais obtidas em um único local são superestimadas, já que não foi possível separar a variância da interação de progênie x ambiente da variância da progênie. Por isso, tais estimativas são válidas somente para o local do experimento onde foram determinadas. Esse fato é de importância relativa quando o material for utilizado em condições semelhantes àquelas do experimento em que tais estimativas foram obtidas (FONSECA *et al.* 1979, p.1-37).

Os maiores coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de famílias foram observados para VOL, DAP e HT. A forma do fuste e os diâmetros dos galhos das procedências Poptún e Isla de Guanaja em Tibagi, PR, foram classificadas como tortuosos e não havia variabilidade genética significativa dentro das procedências em estudo, fato que contribuiu para que os valores dos coeficientes de herdabilidades destas características fossem nulos (Tabela 24).

Os valores dos desvios padrões associados aos coeficientes de herdabilidade ao nível de médias de famílias das características HT, DAP e VOL podem ser considerados de magnitude média. Segundo SOUZA *et al.* (1992, p.1-17), os melhores resultados na seleção são obtidos quando as estimativas de herdabilidade dos caracteres a serem selecionados são altos e com pequenos desvios padrão. Estimativas de herdabilidade associadas com altos

desvios tornam duvidosas as previsões de ganho genético esperado com a seleção.

4.6 CORRELAÇÕES GENÉTICAS E FENOTÍPICAS ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS

As estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva, ao nível de plantas e fenotípicas ao nível de médias de famílias entre as características de crescimento (HT, DAP e VOL), foram positivas e de alta magnitude nas procedências Poptún e Isla de Guanaja (Tabela 25). Assim, quando se praticar a seleção em qualquer uma delas, espera-se uma alta resposta correlacionada na outra, o que se constitui uma vantagem, uma vez que o sentido da seleção é o mesmo para tais características.

As características de crescimento das árvores (HT, DAP e VOL) por sua vez apresentaram correlações genéticas aditivas próximas de zero ou negativas de baixa magnitude com a forma do fuste e diâmetro dos galhos (Tabela 25). Este fato, tem grande importância prática, pois pode-se propor a condução da seleção entre HT, DAP e VOL com a forma do fuste e o diâmetro dos galhos, de forma independente sem a preocupação da interferência de uma sobre a outra, o que aumenta o número de alternativas na definição da estratégia a ser adotada na seleção em função dos objetivos do plantio.

A seleção dos melhores indivíduos dentro das procedências de *P. caribaea* var. *hondurensis* em teste em Tibagi, PR, visando o aumento da produtividade volumétrica para a produção de papel e celulose é um dos

principais objetivos deste estudo. Observa-se que o DAP mostrou-se geneticamente correlacionado com o volume e os desvios padrões destas correlações foram de baixa magnitude. Estas altas correlações associadas aos baixos desvios padrões, indicam que a opção da condução da seleção através do DAP deverá refletir-se em estimativas de ganhos genéticos expressivos em volume e com boa precisão (Tabela 25).

Tabela 25 - ESTIMATIVA DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. caribaea* var. *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	CARACT.	HT	DAP	VOL	FF	DG
POPTÚN (GUATEMALA)	HT		0,675 (0,256)**	0,847 (0,161)**	-0,062	-0,1423
	DAP	0,891		0,947 (0,048)**	-0,380	-0,0742
	VOL	0,974	0,972		-0,286	-0,0457
	FF	-0,073	-0,033	-0,416		0,1057
	DG	0	0	-0,082	-0,477	
ISLA DE GUANAJA (HONDURAS)	HT		0,658 (0,283)**	0,8681 (0,107)**	-0,220	-0,106
	DAP	0,780		0,9247 (0,067)**	0,021	-0,331
	VOL	0,935	0,945			-0,237
	FF	-0,461	-0,424	-0,088		0,039
	DG	-0,141	-0,345	-0,229	-0,498	

** : desvio padrão dos coeficientes de correlação genética aditiva

Onde: r_A = diagonal superior e r_F = diagonal inferior, HT = altura total (m); DAP = diâmetro à altura do peito; Vol. = volume; FF = forma do fuste e DG = diâmetro do galho

As estimativas de correlações fenotípicas, ao nível de médias de progênies foram positivas e de alta magnitudes entre HT, DAP e VOL e negativas ou inexistentes entre estas e a forma do fuste e o diâmetro dos galhos, indicando a mesma tendência observada nas correlações genéticas

aditivas ao nível de indivíduos. Entretanto, as correlações fenotípicas devem ser interpretadas com cautela para fins de seleção de árvores, devido ao desconhecimento do componente ambiental nela envolvido (VENCOVSKY, BARRIGA, 1992, p.336).

Deve-se considerar, que as correlações genéticas aditivas são obtidas ao nível de indivíduos e que as correlações fenotípicas são obtidas ao nível de famílias, não possibilitando, portanto, comparações diretas. Com base nestes resultados, pode-se inferir que a seleção visando o aumento da produtividade volumétrica pode ser efetuada, numa primeira fase, com base no DAP devido as altas correlações genéticas aditivas entre este e o volume individual das árvores. A seleção para melhorar a forma do fuste pode ser feita numa etapa posterior, já que entre as árvores selecionadas é provável a existência de material genético com boa forma de fuste e pequeno diâmetro de galhos.

4.7 ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS NO BLOCO (POMAR DE SEMENTES POR MUDAS)

A seleção ao nível de bloco, visa transformar o teste de procedências e progênies em pomar de sementes por mudas, o qual exige uma distribuição equilibrada das plantas nos nove blocos após o desbaste. O número de indivíduos selecionados em cada procedência correspondeu a uma intensidade de seleção entre 8,0% (Isla de Guanaja) e 13,5% (Poptún). Foram selecionados 95 indivíduos por procedência, totalizando 190 indivíduos que deverão estar distribuídos numa área correspondente a 2,18 ha. Neste estudo, não houve a

possibilidade de se praticar a mesma intensidade de seleção devido ao diferente número de progênies por procedências.

Optou-se por conduzir a seleção através do DAP, devido à sua maior facilidade de medição em relação a altura e por esta característica ter apresentado maiores coeficientes de correlação genética aditiva com o volume aliado aos menores desvios padrões.

A seleção destes indivíduos proporcionou estimativas de ganho genético indireto em volume através da seleção individual de 14,9%, na seleção combinada de 16,68% e no índice multi-efeito de 17,22%. Elevando a nova média das populações em estudo após um ciclo de seleção de 0,0910 m³/árv para 0,1046 m³/árv (seleção individual), para 0,1063 m³/árv (seleção combinada) e para 0,1068 m³/árv (índice multi-efeito) (Tabela 27).

O intervalo de confiança para determinação do ganho genético em volume foi construído com 95% ($t = 1,96$) de confiança num teste bilateral. Sabendo-se que os intervalos de confiança do ganho genético são construídos levando-se em consideração a acurácia e o ganho genético dos métodos de seleção. Os limites inferiores destes intervalos de confiança podem ser utilizados como indicativo do método de seleção que maximizou o ganho genético aliado a maior precisão (RESENDE *et al.* 1995) (Tabela 26).

TABELA 26 - ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E PORCENTAGEM DO GANHO GENÉTICO INDIRETO EM VOLUME, ATRAVÉS DA SELEÇÃO COM BASE NO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO

PROCEDÊNCIAS	MÉTODOS DE SELEÇÃO	VOLUME		INTERVALO DE CONFIANÇA DO GANHO EM VOLUME (%)	NOVA MÉDIA EM VOLUME APOS A SELEÇÃO (m ³ /árv)
		ACURÁCIA	GANHO GENÉTICO INDIRETO (%)		
POPTUN (GUATEMALA)	NO BLOCO*				
	Individual	0,498	18,37	18,02 - 18,71	0,1152
	Combinada	0,554	19,93	19,59 - 20,26	0,1169
	Multi-Efeito	0,569	20,74	20,41 - 21,06	0,1177
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,502	30,84	29,96 - 31,71	0,1276
	Combinada	0,554	31,01	30,17 - 31,84	0,1278
	Multi-efeito	0,572	32,83	32,00 - 33,65	0,1295
ISLA DE GUANAJA (HONDURAS)	NO BLOCO*				
	Individual	0,431	11,44	11,19 - 11,68	0,0939
	Combinada	0,513	13,44	13,20 - 13,67	0,0958
	Multi-efeito	0,528	13,70	13,47 - 13,93	0,0960
	NO EXPERIMENTO**				
	Individual	0,431	15,86	15,24 - 16,47	0,0978
	Combinada	0,513	16,47	15,88 - 17,05	0,0983
	Multi-efeito	0,529	17,95	17,37 - 18,53	0,0996

* No bloco: implantação do pomar de sementes por mudas

** No experimento: implantação do pomar de sementes clonal

Neste estudo, os limites inferiores dos intervalos de confiança e as acurácias referentes ao método de seleção denominado Índice multi-efeito foram, no mínimo, iguais aqueles obtidos na seleção combinada ao nível de blocos e sempre superiores aqueles obtidos na seleção individual no mesmo estrato (Tabela 26). Este fato, revela que a seleção através do índice multi-efeito possibilita as maiores estimativas de ganho genético, pois além de considerar o desvio do valor individual em relação à média da família no bloco e no experimento, considera a fração da variância genética retida nos efeitos de parcela.

4.8 ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (POMAR DE SEMENTES CLONAL).

Para implantação do pomar de sementes clonal, foram selecionados quinze indivíduos por procedência que apresentaram os maiores ganhos genéticos em DAP. O número de indivíduos selecionados corresponde a uma intensidade de entre 1,26% (Isla de Guanaja) e 2,14% (Poptún), totalizando 30 indivíduos no pomar de sementes clonal.

A seleção individual proporcionará estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume de 23,35%, a seleção combinada de 23,74% e o índice multi-efeito de 25,39%. Elevando a nova média da população em volume de 0,0910 m³/árv para 0,1127 m³/árv (seleção individual), para 0,1130 m³/árv. (seleção combinada) e para 0,1145 m³/árv (seleção índice multi-efeito) (Tabela 27).

Os limites inferiores dos ganhos genéticos indiretos em volume e as acurácias referentes ao método de seleção denominado índice multi-efeito foram superiores aqueles obtidos na seleção individual e combinada no mesmo estrato. Observa-se que, no pomar de sementes clonal as acurácias e os ganhos genéticos indiretos em volume sempre foram iguais ou superiores aos obtidos no pomar de sementes por mudas (Tabela 26). No pomar de sementes clonal o ganho genético em volume é superior em 8,45% (seleção individual), 7,06% (seleção combinada) e 8,17% (índice multi-efeito) em relação ao pomar de sementes por mudas, estes resultados, podem ser justificados pela maior intensidade de seleção na implantação do pomar de sementes clonal.

Embora as diferenças de ganho genético obtidas entre os três métodos de seleção testados sejam de pequenas magnitudes, representam muito, considerando-se que os plantios florestais ocupam grande áreas. Com base neste fato, é aconselhável optar pela utilização do índice multi-efeito, pois sua adoção não implica em custos adicionais ao processo seletivo e maximizou o ganho genético em volume tanto na implantação do pomar de sementes clonal como no pomar de sementes por mudas.

TABELA 27 - ACURÁCIAS E GANHOS GENÉTICOS (GS) E A NOVA MÉDIA DAS POPULAÇÕES APÓS UM CICLO DE SELEÇÃO DE *Pinus caribaea* var *hondurensis*, AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.

	VOL UME		NOVA MÉDIA DA POPULAÇÃO (m ³ /arv)
MÉTODOS DE SELEÇÃO	ACURÁCIA	GS (%)	
NO BLOCO*			
INDIVIDUAL	0,465	14,90	0,1046
COMBINADA	0,533	16,68	0,1063
ÍNDICE MULTI-EFEITO	0,548	17,22	0,1068
NO EXPERIMENTO**			
INDIVIDUAL	0,466	23,35	0,1127
COMBINADA	0,533	23,74	0,1130
ÍNDICE MULTI-EFEITO	0,550	25,39	0,1145

* No bloco: Pomar de sementes por mudas

** No experimento: Pomar de sementes clonal

5 CONCLUSÕES

- a) Variações genéticas foram detectadas entre e dentro de progênies para as características altura, DAP, árvores bifurcadas e árvores com foxtail, revelando o potencial das populações em teste para ser explorado através da seleção.
- b) As árvores da procedência Poptún apresentaram a maior produção volumétrica, porém com fustes tortuosos e galhos com diâmetros médio.
- c) As populações em teste em Tibagi, PR, apresentaram elevado número de árvores bifurcadas e com copa quebrada, sendo que Poptún, originada de região de maior altitude e menor precipitação apresentou maior número árvores com copa quebrada e bifurcadas em relação à Isla de Guanaja.
- d) As populações em teste apresentaram 35,8% de árvores com “foxtail”, sendo que a procedência Poptún, originada de região de maior altitude e menor precipitação, apresentou maior número de árvores com “foxtail”.
- e) As características de maior controle genético foram respectivamente VOL, DAP, HT, FF e DG, revelando boas perspectivas de resposta à seleção.
- g) A seleção de árvores visando maximizar o ganho genético em volume deverá ser baseada no DAP, em virtude dos elevados coeficientes de correlação genética aditiva e dos baixos desvios padrões entre esta característica e o volume.
- h) Na transformação dos testes de progênies de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* em pomar de sementes por mudas, a estimativa de ganho genético

indireto em volume de madeira pelo índice multi-efeito foi 17,22%, pela seleção combinada de 16,68% e pela seleção individual de 14,9%.

i) No pomar de sementes clonal a estimativa de ganho genético indireto em volume de madeira através da seleção índice multi-efeito foi 25,39%, pela seleção combinada de 23,74% e pela seleção individual de 23,35%.

III VARIAÇÃO GENÉTICA ENTRE PROCEDÊNCIAS E PROGÊNIES DE

Pinus maximinoi H.E. Moore E MÉTODOS DE SELEÇÃO PARA

MELHORAMENTO GENÉTICO

RESUMO

Foi estudada a variação genética através de dois testes de procedências e progênies de *P. maximinoi*, que fazem parte de um programa de melhoramento genético coordenado pela CAMCORE e EMBRAPA nas regiões sul e sudeste do país. Os ensaios foram instalados em área pertencente à PISA Florestal, na fazenda Moquém, no município de Tibagi, PR, em setembro de 1988. O delineamento adotado foi o de blocos de famílias compactas, com nove repetições e parcelas lineares de seis plantas, envolvendo 16 procedências com 138 famílias, além de uma testemunha comercial (*P. taeda*) em espaçamento de 3 x 3 m. Somente as 10 procedências com um mínimo de cinco progênies foram consideradas para efeito de análise estatística, sendo que San Jerônimo (México), Dulce Nombre de Copan (Honduras) e Valle de Angeles (Honduras) são comuns aos dois experimentos. Aos cinco anos de idade, foram avaliadas as características altura total, DAP, volume, forma do fuste, diâmetro dos galhos, árvores com copa quebrada, árvores bifurcadas, árvores com "foxtail" e porcentagem de falhas. Foram observadas variações genéticas significativas entre procedências e progênies e entre progênies dentro de cada procedência para as referidas características. Os coeficientes de herdabilidades no sentido restrito estimados ao nível de indivíduos no experimento, nos blocos e de parcelas, foram inferiores aos obtidos ao nível de médias de progênies. Os coeficientes de herdabilidade foram de maiores magnitudes para o volume, seguido da forma do fuste, DAP, altura e diâmetro dos galhos, mostrando as perspectivas de respostas à seleção. As procedências Coban (Guatemala), Altamirano (México), Tapiquil (Honduras) e San Jerônimo (México) apresentaram a maior produtividade volumétrica, porém, com fustes tortuosos. Os elevados coeficientes de correlação genética associados a baixos desvios padrões entre o DAP e volume, indicam que seleção visando produtividade volumétrica, poderá ser conduzida através do DAP. As estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de blocos (Pomar de sementes por mudas) através da seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 26,86%, 28% e 29,18%, enquanto que ao nível de experimento (Pomar de sementes clonal) as estimativas de ganho genético indireto em volume com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 36,72%, 39,98% e 42,6%, revelando que a seleção pelo índice multi-efeito, maximizou as estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume ao nível de bloco e experimento.

1 INTRODUÇÃO

P. maximinoi é uma espécie de *Pinus* tropical nativo do México e de alguns países da América Central como Guatemala, Honduras, Nicarágua e El Salvador. Ocorre em altitudes entre 800 a 2000m e geralmente em solos férteis. Porém algumas populações ocorrem isoladamente no México em solos extremamente pobres, apresentando árvores adultas com boas características fenotípicas (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.37).

A plasticidade desta espécie em se desenvolver em sítios com diferentes características ecológicas incentivou a CAMCORE a instalar testes de procedências e progênies em países tropicais e subtropicais como Venezuela, Colômbia, África do Sul e Brasil. Esses testes visam obter informações sobre a variação genética entre e dentro das procedências e progênies para seleção de material genético de maior produtividade volumétrica e de maior adaptação as regiões onde foram introduzidos. Considerando a existência de grandes áreas potenciais para o estabelecimento de plantios comerciais de *P. maximinoi* nas regiões sul e sudeste do Brasil, tais informações serão indispensáveis para iniciar um programa de melhoramento genético com esta espécie.

Neste estudo, além das características relacionadas ao crescimento da árvore serão consideradas a forma do fuste, diâmetro dos galhos, árvores com "foxtail", bifurcadas e com copa quebrada. Estas informações permitem tomadas de decisões mais seguras quanto à seleção do material genético com boas características silviculturais e de maior produtividade volumétrica visando a produção de celulose e papel. Assim, este trabalho tem

importância fundamental, propondo-se a trazer informações, hoje inexistente, quanto ao comportamento de várias procedências de *P. maximinoid* na região sul do país.

Os objetivos do presente trabalho são:

- a) Estudar a grandeza e o padrão da variação genética de características relacionadas ao crescimento e a forma das árvores entre procedências e progênies de *P. maximinoid* em teste genético na região de Tibagi, PR;
- b) Estimar parâmetros genéticos para as características de crescimento das populações em estudo;
- c) Determinar como as características relacionadas ao crescimento das árvores se correlacionam;
- d) Quantificar o ganho genético em volume de madeira através da seleção individual, combinada e pelo índice multi-efeito na implantação de pomar de sementes por mudas e pomar de sementes clonal.

2 REVISÃO DA LITERATURA

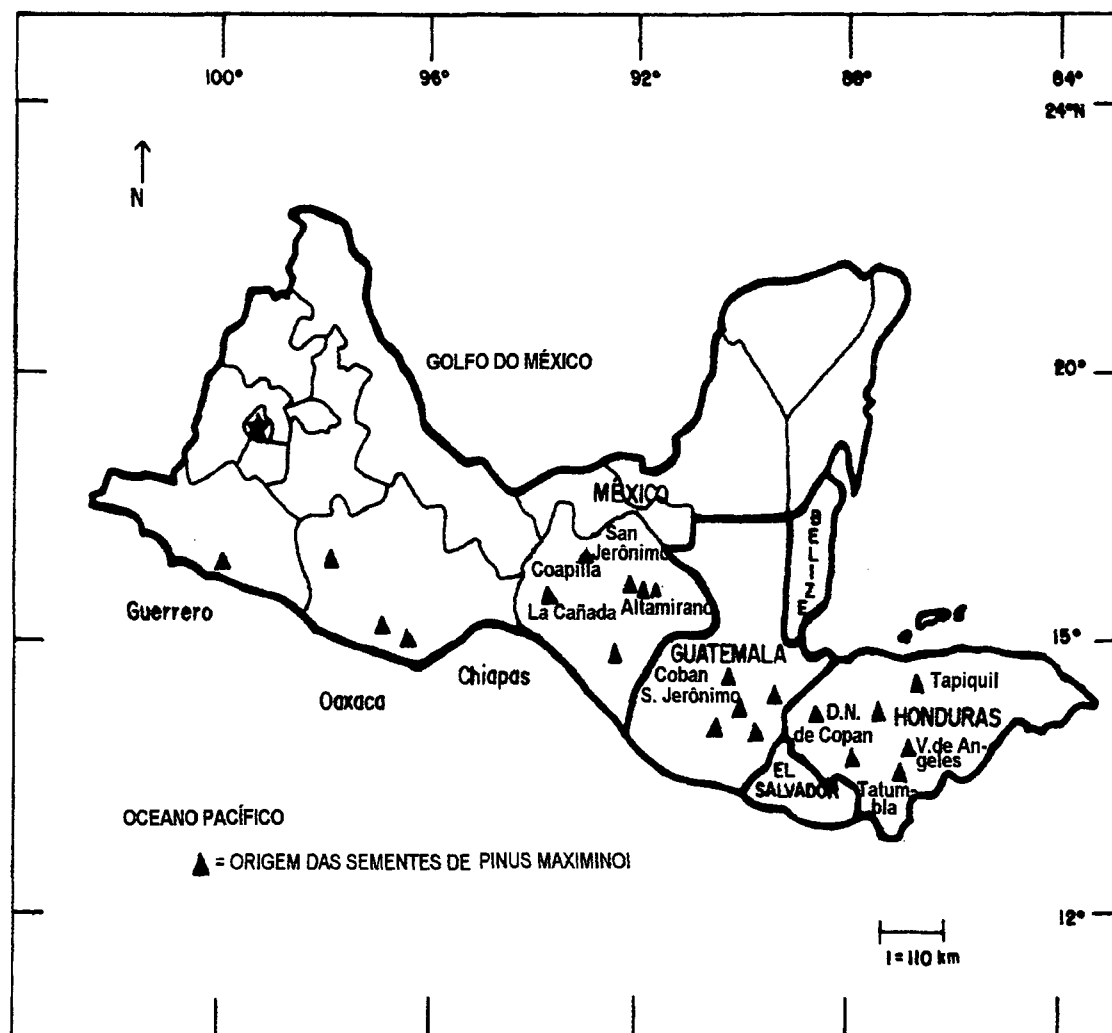
P. maximinoi ocorre naturalmente no México e em alguns países da América Central como Guatemala, Honduras, Nicarágua e El Salvador, em latitudes compreendidas entre 13°50'N e 99°59'W. Algumas populações ocorrem isoladamente, principalmente no México e Nicarágua (Figura 4) (DVORAK; DONAHUE, 1988, p.1-32)

A distribuição altitudinal da área de ocorrência desta espécie situa-se entre 700 a 2400 m e precipitação anual entre 908 a 1750 mm. Nas maiores elevações, esta espécie é encontrada em sítios úmidos, em solos profundos e férteis em associação com *P. tecunumanii* (DVORAK; DONAHUE, 1988, p.1-32). Nas partes mais baixas, particularmente no México pode ocorrer em sítios pobres, solos rasos, com pronunciada estação seca e com alta densidade de *P. oocarpa*. A capacidade de adaptação e de crescer rapidamente em diferentes condições ambientais, justificaram a introdução desta espécie no Brasil, onde existem grandes áreas com características edáficas e climáticas semelhantes à região de ocorrência natural desta espécie (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.37).

Esta espécie primeiramente foi denominada de *P. tenuifolia* (DVORAK; DONAHUE, 1988, p.1-32). Porém os taxonomistas florestais consideravam *P. tenuifolia* e *P. pseudostrobus* Lindl. como a mesma espécie. MITTAK; PERRY (1979, p.386) em estudos taxonômicos baseados em características morfológicas e análises químicas da resina de *P. tenuifolia*, concluíram que são espécies diferentes. De acordo com estes autores o *P.*

pseudostrobus ocorre naturalmente em altas elevações (1500 a 3000 m), enquanto que o *P. maximinoi* em médias elevações.

FIGURA 4 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA ORIGEM DAS SEMENTES DE *P. maximinoi*



O nome *P. maximinoi* foi adotado no lugar de *P. tenuifolia*, porque a descrição taxonômica de outra espécie de *Pinus* feita anteriormente por SALISBURY (1976) também foi denominada de *P. tenuifolia*, citado por MITTAK; PERRY (1979, p.386).

Os cones desta espécie são usualmente pequenos, e ficam maduros no mês de março (México) e Abril (América Central). O tamanho das sementes apresenta forte correlação com as características geográficas e climáticas da região de origem das mesmas. As procedências Coapilla (México) e San Jerônimo (México) produzem em média 100.000 sementes/kg após o beneficiamento. Enquanto que as procedências Tatumbla (Honduras) e Yuscaran (Honduras) produzem em média 55.000 sementes/kg após o beneficiamento (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.38). Estudos realizados por OSÓRIO (1991), na Colômbia, determinaram que esta espécie propaga-se vegetativamente através de estacas obtidas das rebrotas jovem.

As populações de *P. maximinoi* da América Central e do sul do México, estão sob intensa exploração, o que causa a perda das melhores árvores e a consequente erosão genética da espécie. No México em altitudes de 1700 m, em sítios com solos profundos e férteis as árvores com 30 anos de idade podem atingir 40 m de altura por 1 m de DAP, com boa formação do fuste e galhos grandes e grossos. O Incremento médio anual em altura e DAP é de 0,71 m e 1,5 cm respectivamente (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.40)

Estudos preliminares indicam que na Colômbia e na África do Sul, esta espécie apresentou rápido crescimento quando introduzida em sítios com características similares aos de origem das sementes (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.40)

Estudos realizados em Zimbábue indicaram que as maiores produtividades volumétricas de *P. maximinoi* foram apresentadas pelas procedências Tatumbla, San Juan, Dulce Nombre e Cofradia e que houve

forte interação genótipo x ambiente (NYOKA, 1994, p.47). Resultados semelhantes foram observados por WRIGHT *et al.* (1993, p.314) na Colômbia, onde as procedências Tatumbla, San Jerônimo (Guatemala) e Altamirano apresentaram as maiores produtividades volumétricas. Em Campos do Jordão, SP, a procedência Cofradia apresentou 9,8 m de altura aos 8 anos de idade, enquanto as procedências de Tatumbla e Loma de Ochoa (Honduras) apresentaram melhores resultados com 13,7 m de altura (PIRES, 1987, p.150).

Em San Jerônimo e Las Compuerte, em populações naturais aos 35 e 29 anos de idade respectivamente, o incremento médio anual (IMA) em altura total foi de 0,64 m e 0,78 m e em diâmetro foi de 1,5 cm (DVORAK; DONAHUE, 1988, p1-32).

Testes de procedência e progênes na Venezuela e no Brasil, implantados durante a estação seca, apresentaram alto índice de mortalidade (40 a 60%). Na Venezuela o IMA em altura foi de 1m/ano e na Colômbia de 2m/ano nos três primeiros anos após o plantio. Outros fatores devem ser levados em consideração na introdução de *Pinus* em países tropicais e subtropicais, como ataque de insetos, doenças e a presença de "foxtail". O número de árvores com "foxtail" decresceu com a diminuição da latitude e da elevação do sítio onde localizam-se os testes de procedência e progênes de *P. maximinoi*. Na Colômbia o número de árvores que apresentaram "foxtail" em sítios localizados entre latitudes 2° e 6° N foi de 69 a 79% (DVORAK; DONAHUE, 1992, p.38).

P. maximinoi não resiste a prolongados períodos com baixas temperaturas e geadas, fatores que causam a morte dos brotos terminais

dos ramos, a deformação do fuste e em muitos casos a morte das árvores (DVORAK; DONAHUE, 1988, p.1-32)

A forma do fuste desta espécie é geralmente tortuosa com ramificações grossas. Em Zimbabue, a avaliação da forma do fuste de 13 procedências de *P. maximinoi*, indicou que os fustes eram tortuosos em todas as procedências (NYOKA, 1994, p.50).

Segundo WRIGHT; WESSEIS (1992, p.40) a densidade da madeira do *P. maximinoi* em plantios na África do Sul aos dez anos de idade é 0,46 g/cm³, sendo utilizada para construções, celulose de fibra longa e chapas de fibras.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

A Cooperativa de Recursos Genéticos de Coníferas da América Central e México (CAMCORE), coletou sementes de 701 árvores de 23 procedências de *P. maximinoi* na Guatemala, Honduras e México entre 1984 e 1986. As sementes foram distribuídas para empresas e instituições governamentais de diversos países da América Latina, entre eles o Brasil, visando a conservação genética e implantação de testes genéticos em regiões com características edáficas e climáticas similares à região de origem das sementes. Neste estudo, as sementes de *P. maximinoi* foram coletadas pela CAMCORE, com a participação do Banco de Semillas Forestales (BANSEFFOR), da Guatemala, e da Escuela Nacional de Ciencias Forestales (ESNACIFOR), de Honduras. A relação das procedências, número de progênies de meio-irmãos e a localização geográfica é apresentada na Tabela 28:

TABELA 28 - CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES DE COLETA DAS PROCEDÊNCIAS DE *P. maximinoi* TESTADAS EM TIBAGI, PR.

Procedência	Núm Prog.	Latitude (N)	Longitude (W)	Altitude (m)	Precipitação (mm)
Coban (Guatemala)	5	15° 28' N	90°24' W	1420 - 1440	2109
Altamirano (México)	7	16°43' N	92°03' W	1280 - 1350	1750
Tatumbla (Honduras)	6	14°01' N	87°07' W	1400 - 1600	908**
Tapiquil (Honduras)	16	15°10' N	86°50' W	1500 - 1769	1069
La Canada (México)	7	16°49' N	92°17' W	1270 - 1360	1750**
*San Jerónimo (México)	27	16°10' N	97°00' W	1220 - 1480	1950**
*D.N. de Copan (Honduras)	29	14°50' N	88°51' W	1100 - 1300	1368
*Valle de Angeles (Honduras)	21	14°10' N	87°02' W	1200 - 1600	908**
Coapilla (México)	6	17°17' N	93°09' W	1300	1250**
San Jerónimo (Guatemala)	7	15°04' N	90°14' W	1280 - 1590	970**

* Procedências comuns aos dois experimentos, ** Valores estimados

Fonte: DVORAK & DONAHUE, 1992.

As sementes deste estudo foram coletadas em regiões predominantemente secas, observando-se a distância mínima de 100 m entre árvores matrizes, em populações com as seguintes características:

- a) Coban (Guatemala): população com boa qualidade fenotípica, classificada numa escala de 0 até 5 como a terceira. Ocorre em solos férteis (pH entre 6 e 7) e chuvas abundantes;
- b) Altamirano (México): população sofreu intensa exploração, restando árvores que numa classificação de 0 a 10, ocupam o sexto lugar em qualidade fenotípica. Ocorrem em solos pobres, rasos com profundidade entre 15 a 45 cm;
- c) Tatumbla (Honduras): População com má qualidade fenotípica, ocupando o sétimo lugar numa escala que vai de 0 a 8. Ocorre em solos pobres, arenosos com deficiência em potássio e fósforo;
- d) Tapiquil (Honduras): população com pior qualidade fenotípica de Honduras, formada por árvores velhas e que resistiram ao fogo e a exploração destas florestas. O solo é arenoso e de baixa fertilidade;
- e) La Cañada (México): população com qualidade fenotípica razoável, ocupando o sétimo lugar numa escala que vai de 0 a 10 no México. O sítio está localizado em lugar montanhoso, com solo coberto por uma camada de 2-4 cm de cinza vulcânica, arenoso e com profundidade média de 40 cm;
- f) San Jerónimo (México): população jovem de boa qualidade fonotípica, ocupando o segundo lugar numa escala de 0 a 5 no

- México, ocorre em sítio montanhoso, com solo férteis, coberto por uma camada de húmus de pinus de 2 cm, boa drenagem;
- g) Dulce Nombre de Copan (Honduras): a área ocupada por floresta é de aproximadamente 500 ha formada por árvores velhas e abaixo da média, apesar do solo apresentar boa fertilidade e pH entre 6,5 a 8,0. Fenotipicamente é classificada como a terceira melhor numa escala de 0 a 8 em Honduras;
- h) Valle de Angeles (Honduras): população formada por árvores velhas, fenotipicamente classificada como a quinta melhor numa escala de 0 a 8 em Honduras. Esta floresta sofreu intensa exploração devido ao fácil acesso, e os solos são argilosos-arenosos, com deficiência em fósforo;
- i) Coapilla (México): população com ótimas características fenotípicas, classificada como a segunda melhor numa escala de 0 a 10 no México;
- j) San Jerônimo (Guatemala): população remanescente com boas características fenotípicas, classificada como a segunda melhor numa escala de 0 a 5. O solo apresenta textura argilosa;

3.2 MÉTODOS

3.2.1 INSTALAÇÃO DOS ENSAIOS

Os dois testes de procedência e progênies desta espécie foram implantados em Tibagi, PR, na fazenda MOQUEM, pertencente à PISA Florestal, latitude de 24°07' e longitude 50°09' e elevação de 840 m. A vegetação da área do experimento era constituída por talhões de *Pinus taeda* e o solo do tipo RPV - RLV (Regossolo em transição para Podzólico Vermelho Amarelo e para Latossolo Vermelho Amarelo, grupamento indiscriminado). O clima da região de Tibagi, PR, é classificado pelo sistema Koeppen, como do tipo Cfb, a temperatura média anual é de 20,9 °C máxima absoluta de 37 °C, mínima absoluta de 0 °C.

As mudas foram originadas das sementes fornecidas pelo convênio CAMCORE e EMBRAPA, PR, e produzidas em Jaguariaíva, PR, no viveiro da PISA Florestal por semeadura direta em recipiente de plástico com substrato de Latossolo vermelho escuro. A adubação no viveiro foi efetuada mediante a aplicação de NPK, na proporção 4:16:8 enriquecida com boro e zinco, na dosagem de 500 mg/recipiente, antes da semeadura e aos 45 e 90 dias posteriores. O solo foi preparado com aração e gradeação e o plantio efetuado quando as mudas atingiram aproximadamente 30 cm de altura (oito meses após a semeadura) em espaçamento 3 x 3 m em setembro de 1988, período seco, o que ocasionou elevado índice de mortalidade das mudas. Vinte dias após o plantio, as mudas mortas foram substituídas por outras através do processo manual. Para o controle das ervas invasoras após o plantio, foi utilizado herbicidas duas vezes.

3.2.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Optou-se pelo uso de um delineamento de blocos incompletos chamados por PANSE; SUKTAME (1964, p.240) de blocos de famílias compactas (compact family blocks) com nove repetições e sub-parcelas com seis plantas por linha. A variação do número de progênies para cada procedência do *P. maximinoides*, se deve a problemas relativos à época de colheita, quando nem todas as árvores escolhidas das populações naturais amostradas apresentaram frutos no estado ideal, isto é, com sementes viáveis. O primeiro teste de procedência e progênies com *P. maximinoides* (código da CAMCORE 15.06.09-A) contém 8 procedências e 76 progênies. O segundo teste (código da CAMCORE 15.06.07-E) possui 8 procedências com 62 progênies. Para efeito de análise estatística foram consideradas somente as procedências com um mínimo de 5 progênies. Três procedências são comuns aos dois testes, porém com algumas progênies incomuns. A testemunha *P. taeda*, originada de Jaguariaíva, PR, é comum aos dois experimentos.

3.2.3 COLETA E ANÁLISE DO MATERIAL

No quinto ano após o plantio foram avaliadas as características de altura, DAP, volume, forma do fuste, diâmetro dos galhos, número de árvores com foxtail, número de árvores com copa quebrada, número de árvores bifurcadas e sobrevivência. Os dados de altura, DAP, volume, forma do fuste e diâmetro dos galhos, foram analisados ao nível de plantas individuais,

enquanto que as demais variáveis foram analisadas ao nível de médias de parcelas, conforme metodologia descrita no capítulo 1.

3.2.4 ANÁLISE DE VARIÂNCIA INDIVIDUAL PARA CADA CARACTERÍSTICA

As análises de variâncias foram realizadas para cada procedência em separado. O modelo matemático utilizado nessas análises foi sugerido por RESENDE; ARAUJO (1993, p.37):

$$Y_{(ijk)} = \mu + P_i + b_j + e_{(ij)} + d_{(ijk)}$$

$Y_{(ijk)}$ = observação da planta k, da progênie i na repetição j;

μ = média geral;

p_i = efeito da progênie i ;

b_j = efeito da repetição j, com j = 1, 2, .. 9;

$e_{(ij)}$ = erro experimental associado à progênie i na repetição j ;

$d_{(ijk)}$ = efeito entre plantas dentro de parcela, associado ao indivíduo k da progênie i na repetição j, com k = 1, 2 , 6.

3.2.5 ANÁLISE DE VARIÂNCIA AGRUPADA PARA PROCEDÊNCIAS COMUNS AOS DOIS EXPERIMENTOS

A análise de variância agrupada para as três procedências comuns aos dois experimentos de *P. maximinoides* foi efetuada considerando-se separadamente as progênies comuns e incomuns. A análise de variância foi feita separadamente por procedência, para posteriormente através da soma dos graus de liberdade e quadrados médios a nível de progênies ser calculado o Teste de F. O esquema da análise de variância para o conjunto das procedências, com as respectivas esperanças dos quadrados médios,

considerando todos os efeitos como aleatórios, exceto a média, está de acordo com RESENDE; ARAUJO (1993, p.38) e está apresentado na Tabela 29.

TABELA 29 - ESQUEMA DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA O MODELO UTILIZADO, COM ESPERANÇA DE QUADRADOS MÉDIOS ASSOCIADOS AOS DIFERENTES EFEITOS.

F.V	GL	QM	E(QM)	F
BLOCOS	$r - 1$	Q_1	$\sigma_b^2 + f\sigma_a^2 + fp\sigma_r^2$	Q_1/Q_3
PROCEDÊNCIAS	$p - 1$	Q_2	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p}^2 + f\sigma_a^2 + fb\sigma_p^2$	Q_2/Q_3
ERRO (a)	$(r - 1)(p - 1)$	Q_3	$\sigma_b^2 + f\sigma_a^2$	
PROG/PROC	$\sum_i (f_i - 1)$	Q_4	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p}^2$	Q_2/Q_{15}
PROG/PROC 1	$f_1 - 1$	Q_5	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_1}^2$	Q_3/Q_{15}
PROG/PROC 2	$f_2 - 1$	Q_6	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_2}^2$	Q_4/Q_{15}
PROG/PROC 3	$f_3 - 1$	Q_7	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_3}^2$	Q_5/Q_{15}
PROG/PROC 4	$f_4 - 1$	Q_8	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_4}^2$	Q_6/Q_{15}
PROG/PROC 5	$f_5 - 1$	Q_9	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_5}^2$	Q_7/Q_{15}
PROG/PROC 6	$f_6 - 1$	Q_{10}	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_6}^2$	Q_8/Q_{15}
PROG/PROC 7	$f_7 - 1$	Q_{11}	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_7}^2$	Q_9/Q_{15}
PROG/PROC 8	$f_8 - 1$	Q_{12}	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_8}^2$	Q_{10}/Q_{15}
PROG/PROC 9	$f_9 - 1$	Q_{13}	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_9}^2$	Q_{11}/Q_{15}
PROG/PROC 10	$f_{10} - 1$	Q_{14}	$\sigma_b^2 + b\sigma_{f/p_{10}}^2$	Q_{12}/Q_{15}
ERRO (b)	$(b - 1)\left(\sum_i f_i - p\right)$	Q_{15}	σ_b^2	
TOTAL	$\left(b\sum_i f_i\right) - 1$			

b = número de blocos; p = número de procedências; b = número de blocos, f_i = número de progênies na procedência i ; σ_p^2 = variância entre procedências; $\sigma_{f/p}^2$ = variância entre progênies dentro de procedência; σ_r^2 = variância entre blocos; σ_a^2 = variância do erro a (variância do erro entre procedências); σ_b^2 = variância do erro b (variância do erro b entre progênies dentro de procedências);

Com um número desigual de progênies por procedência, deve-se levar em consideração que as médias de procedências serão estimadas com

diferentes precisões, e portanto não podem ser comparadas empregando-se um resíduo comum. Neste caso, SATTERTHWAITE¹ (1946), citado por RESENDE; ARAÚJO (1993, p.39), recomendaram que os graus de liberdade do denominador de F para comparação de procedências deverão ser calculados pela fórmula abaixo. Neste caso o F calculado será apenas aproximado:

$$gl = \frac{(Q_3 + Q_4 - Q_{15})^2}{\frac{(Q_3)^2}{gl_3} + \frac{(Q_4)^2}{gl_4} + \frac{(Q_{15})^2}{gl_{15}}}$$

O esquema ao nível de plantas individuais só é válido para as características altura, DAP, forma do fuste, diâmetro dos galhos e volume, onde as coletas dos dados foram ao nível de árvores individuais. Para as características árvores com "foxtail", árvores bifurcadas, árvores com copa quebrada e sobrevivência, a obtenção dos dados foi ao nível de médias de parcelas.

3.2.6 ESTIMATIVA DE PARÂMETROS GENÉTICOS E FENOTÍPICOS, PROGRESSO GENÉTICO ESPERADO COM A SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E ÍNDICE MULTI-EFEITO

As estimativas dos parâmetros genéticos para as progênes dentro de procedências de *P. maximinoi* seguiram a metodologia descrita por VENCOVSKY (1978, p.122) e obtidas através do programa genético-

¹ SATTERTHWAITE, F. E. 1946. An approximate distribution of estimates of variance componentes. **Biometric Bulletin**, 2:110-114.

estatístico denominado "SELEGEN", desenvolvido por RESENDE *et al.* (1994), detalhado no capítulo 1.

As estimativas de correlações genéticas e fenotípicas entre pares de características, acurácia e intervalo de confiança do ganho genético, progresso genético esperado com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito a nível de bloco e experimento estão de acordo com o capítulo 1.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CRESCIMENTO EM ALTURA, DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME

A análise de variância ao nível de médias de progênes e procedências bem como a comparação das médias de procedências pelo teste de Tukey para HT, DAP e VOL, são apresentados na Tabela 30.

TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ALTURA (HT), DIÂMETRO À ALTURA DO PEITO (DAP) E VOLUME (VOL) DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	HT (m)			DAP (cm)			VOL (m ³ /árv)		
		\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	CV (%)	F ^a	\bar{X}	cv (%)	F ^a
Coban (Guatemala)	5	10,9 A	5,7	0,8 ^{ns}	17,4 A	6,3	0,6 ^{ns}	0,105 A	16,7	0,99 ^{ns}
Altamirano (México)	6	10,8 AB	7,2	1,3 ^{ns}	17,0 AB	8,1	0,8 ^{ns}	0,102 AB	19,1	0,99 ^{ns}
Tatumbia (Honduras)	6	10,4 CD	6,0	3,3 ^{**}	15,8 E	9,6	4,2 ^{**}	0,087 D	19,0	4,5 ^{**}
Tapiquil (Honduras)	16	10,6 BC	6,1	2,7 ^{**}	16,8 BC	7,2	2,4 ^{**}	0,099 BC	16,5	3,6 ^{**}
La Cañada (México)	7	9,8 E	6,4	1,1 ^{ns}	16,7 BC	6,6	1,3 ^{ns}	0,090 D	16,9	1,3 ^{ns}
S. Jerónimo ^a (México)	20	10,3 D	6,8	3,1 ^{**}	16,7 BC	10,4	4,4 ^{**}	0,095 C	22,1	4,2 ^{**}
D. N. de Copan ^b (Honduras)	22	10,4 CD	7,3	2,4 ^{**}	16,4 CD	8,2	1,4 ^{ns}	0,090 D	19,8	1,9 ^{**}
V. de Angeles ^b (Honduras)	15	10,2 D	10	4,4 ^{**}	16,1 DE	10,7	3,9 ^{**}	0,087 D	24,0	4,5 ^{**}
Coapilla (México)	6	9,8 E	7,2	1,4 ^{ns}	15,6 E	12,5	2,9 ^{**}	0,080 E	26,1	2,7 ^{**}
S. Jerónimo (Guatemala)	7	9,7 E	7,2	0,99 ^{ns}	16,4 CD	10,1	1,2 ^{ns}	0,087 D	22,6	0,99 ^{ns}
TEST 999 ^c		6,2 F			10,5 F			0,022 F		
Média Geral ^d		10,3 ^d			16,4 ^d			0,0925 ^d		
Fprog/proc (em conjunto)				2,5 ^{**}			2,8 ^{**}			3,0 ^{**}
F proc				3,4 ^{**}			2,0 ^{**}			3,8 ^{**}

^a = F de progênes dentro de procedências, * = significativo a 5% de probabilidade de erro, ** = significativo a 1% de probabilidade do erro, ns = não significativo, N = número de progênes por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, ^b = procedências comuns aos dois experimentos, ^c Test 999 = *P. taeda* (Jaguariaíva, PR); \bar{X} = Média da procedência, ^d = Média geral da análise conjunta, não incluindo a testemunha, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

A análise de variância para HT, revelou diferenças significativas ao nível de 5% (teste de F) entre procedências, entre médias das 110 progênes e entre progênes dentro de cada procedência, exceto para as procedências Coban, Altamirano, La Cañada, Coapilla e San Jerônimo (Guatemala). DAP e volume, também apresentaram diferenças significativas entre procedências e progênes, e também entre progênes dentro de cada procedência, exceto para Coban, Altamirano, La Cañada e San Jerônimo (Guatemala) e ainda Dulce Nombre de Copan para o DAP (Tabela 30).

Os coeficientes de variação experimental estimados ao nível de progênie dentro de cada procedência para HT e DAP estão entre 7,1% e 12,8%. Para o volume, esses coeficientes ficaram entre 16,6% a 26,7%. Segundo GOMES (1976, p.16), estes valores são de magnitude média, indicando precisão experimental aceitável.

A comparação das médias de HT e DAP pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, revelou que existem diferenças significativas entre procedências (Tabela 30). Entretanto, as considerações sobre estas características serão feitas indiretamente através da avaliação do volume, já que esta variável é função da altura, DAP e do fator de forma das árvores. Considerando que o ensaio visa a escolha de procedências com maior produção em volume, podem ser consideradas como mais promissoras as procedências com média superior à média geral do experimento, que são Coban, Altamirano, Tapiquil e San Jerônimo (México). Resultados similares foram observados por WRIGHT *et al.* (1993, p.315) na Colômbia onde as procedências Tatumbla, Altamirano e San Jerônimo (Guatemala) apresentaram as maiores produtividades volumétricas aos cinco anos de

idade. DVORAK; DONAHUE (1992, p.37-39) demonstraram o crescimento em altura de 13 procedências de *P. maximinoi* em testes na Venezuela, Colômbia e Brasil e concluíram que as maiores alturas foram apresentadas pelas procedências Coban, Altamirano, Tatumbla e San Jerônimo (Guatemala).

A extrapolação do volume médio para volume por hectare, considerando-se uma densidade de 754 árv/ha (Coban), 701 árv/ha (Altamirano), 687 árv/ha (Tapiquil) e 750 árv/ha (San Jerônimo - México) aos cinco anos de idade, indica que a produção volumétrica em Tibagi, PR, de Coban foi 79,2 m³/ha; Altamirano de 71,5 m³/ha; Tapiquil de 68 m³/ha e San Jerônimo (México) de 71,3 m³/ha.

Os experimentos com esta espécie implantados na África do Sul, indicam que as procedências Dulce Nombre de Copan, Tatumbla e Cofradia apresentaram maior produtividade volumétrica (CROCKFORD *et al.* 1991, p.213). Resultados semelhantes foram observados no Nepal, onde as procedências originadas de Honduras e Nicarágua, apresentaram elevada produção volumétrica (NEIL, 1991, p.191).

A introdução de *Pinus* tropicais na região sul do Brasil, entre eles *P. maximinoi*, tem demonstrado que baixas temperaturas aliadas à ocorrência de geadas, são fatores limitantes para esta espécie (DVORAK; DONAHUE, 1988, p.1-32). Porém, os experimentos em Tibagi, PR, onde a ocorrência de geadas não é frequente e a temperatura nos meses mais frios (junho e julho) raramente chega a 0°C, tem revelado o rápido crescimento em altura desta espécie num curto espaço de tempo.

As características ligadas ao crescimento da árvore geralmente estão sob forte influência de fatores edafoclimáticos. Segundo DVORAK, DONAHUE (1992, p. 22), *P. maximinoi* é sensível ao tipo de solo, altitude, temperatura e precipitação. Neste estudo foi comprovado a existência de correlações significativas entre as características de crescimento no local de plantio com as características geográficas e edafoclimáticas da região de origem das sementes.

As associações observadas entre diâmetro à altura do peito (DAP), volume (VOL), forma do fuste (FF), diâmetro dos galhos (DG), bifurcação (BIF), copa quebrada (CQ) e foxtail (FOX) e as variações de latitude, longitude, altitude e precipitação dos locais de origem das sementes estão na Tabela 31.

TABELA 31 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN ENTRE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. maximinoi*, EM TIBAGI, PR, COM OS DADOS AMBIENTAIS DA ORIGEM DAS SEMENTES.

CARACT.	LATITUDE		LONGITUDE		ALTITUDE		PRECIPITAÇÃO	
	r_1^2	t	r_1^2	t	r_1^2	t	r_1^2	t
HT	-0,139	0,39 ^{ns}	-0,260	0,76 ^{ns}	0,272	0,79 ^{ns}	0,481	1,30 ^{ns}
DAP	0,284	0,83 ^{ns}	0,066	0,33 ^{ns}	0,115	0,33 ^{ns}	0,709	2,83*
VOL	0,187	0,54 ^{ns}	0,042	0,20 ^{ns}	0,163	0,70 ^{ns}	0,612	2,18*
FF	0,490	1,60 ^{ns}	0,563	1,92*	-0,587	2,05*	0,212	0,61 ^{ns}
DG	-0,248	0,72 ^{ns}	0,115	0,33 ^{ns}	-0,248	0,72 ^{ns}	-0,236	0,70 ^{ns}
BIF	-0,212	0,61 ^{ns}	-0,163	0,47 ^{ns}	-0,042	0,31 ^{ns}	-0,517	1,70 ^{ns}
CQ	-0,430	1,34 ^{ns}	-0,430	1,34 ^{ns}	0,357	1,0 ^{ns}	-0,539	1,80 ^{ns}
FOX	-0,236	0,70 ^{ns}	-0,224	0,65 ^{ns}	0,430	1,34 ^{ns}	-0,490	1,58 ^{ns}

* = valores de t significativa a 10% de probabilidade do erro, ns = não significativo, onde: Diâmetro à altura do peito (DAP), volume (VOL); forma do fuste (FF); diâmetro dos galhos (DG); árvores bifurcadas (BIF); árvores com copa quebrada (CQ) e árvores com "foxtail" (FOX).

Observa-se uma associação positiva e significativa a 10% pelo teste de t entre DAP e o volume das árvores em Tibagi com a precipitação da origem das sementes (Tabela 31). As procedências Coban e Altamirano,

originadas de regiões com precipitação média anual entre 1750 mm e 2109 mm, apresentaram maior produção volumétrica e diferenciam-se significativamente pelo teste de Tukey das procedências La Cañada, San Jerônimo (México), Dulce Nombre de Copan, Valle de Angeles, San Jerônimo (Guatemala), Coapilla, Tatumbla e da testemunha *P. taeda*, originadas de regiões com menor precipitação (Tabela 30). Entretanto, estes resultados devem ser interpretados com cautela, pois a precipitação da origem da maior parte das procedências em estudo foram estimadas.

Neste estudo, as procedências Coban e Altamirano, apresentaram o conjunto de maiores HT, DAP e VOL em relação as demais procedências, porém não foram observadas variações genéticas significativas entre médias de progênies dentro destas procedências, fato que indica que as mesmas podem ser utilizadas como fonte de sementes para plantios visando a produtividade volumétrica imediata. Já as procedências Tapiquil e San Jerônimo (México) além de apresentarem variações genéticas significativas de progênies dentro de procedências, também apresentaram elevada produtividade volumétrica, fato que as credenciam para seleção de material genético de maior produtividade volumétrica visando o melhoramento genético desta espécie na região de Tibagi, PR.

4.2 FORMA DO FUSTE E DIÂMETRO DOS GALHOS

A análise de variância do caráter forma do fuste (FF), revelou que existem diferenças significativas ao nível de 5% entre procedências e progênes, e entre progênes dentro de cada procedência, exceto para as procedências Coban, Altamirano, Tatumbula e Tapiquil. Já para o diâmetro dos galhos (DG), foram observadas diferenças significativas entre progênes dentro da procedência Tatumbula, entre procedências, não se observando, entretanto, diferenças significativas entre as 110 progênes (Tabela 32).

TABELA 32 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNES E PROCEDÊNCIAS E A COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA FORMA DO FUSTE (FF) E DIÂMETRO DO GALHO (DG) DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS.	FF				DG				
	N	\bar{X}		CV(%)	F ^a	\bar{X}	CV(%)	F ^a	
Coban (Guatemala)	5	1,07	F	12,0	0,48 ^{ns}	2,04	F	7,3	0,39 ^{ns}
Altamirano (México)	6	1,07	F	10,7	1,2 ^{ns}	2,07	DE	6,3	0,63 ^{ns}
Tatumbia (Honduras)	6	1,06	F	15,5	0,69 ^{ns}	2,18	A	12,8	2,97**
Tapiquil (Honduras)	16	1,09	EF	13,0	0,61 ^{ns}	2,07	DE	9,9	1,0 ^{ns}
La Cañada (México)	7	1,23	A	14,9	3,3**	2,08	D	9,4	0,94 ^{ns}
S Jerónimo (México) ^b	20	1,22	A	15,5	6,4**	2,18	A	6,3	0,67 ^{ns}
D N de Copan (Honduras) ^b	22	1,17	BC	14,6	4,8**	2,12	C	10	0,98 ^{ns}
V de Angeles (Honduras) ^a	15	1,12	DE	12,1	1,57*	2,13	BC	20,4	1,40 ^{ns}
Coapilla (México)	6	1,21	AB	14,4	5,2**	2,12	C	12,2	0,58 ^{ns}
S. Jerónimo (Guatemala)	7	1,14	CD	15,6	4,2**	2,05	DE	8,9	1,27 ^{ns}
Test 999 ^c		1,12	DE			2,16	AB		
Média Geral ^d		1,14 ^d				2,1 ^d			
F prog/proc (em conjunto)					3,1**				1,1 ^{ns}
Fproc					3,9**				2,0**

^a = F de progênes dentro de procedências, ** = significativo a 1% de probabilidade do erro, ns = não significativo, N = número de progênes por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, ^b = procedências comuns aos dois experimentos, ^c Test 999 = *P. taeda* (Jaguariaíva, PR); \bar{X} = Média da procedência, ^d = Média geral da análise conjunta, não incluindo a testemunha, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

Os coeficientes de variação experimental ao nível de progênes dentro de procedências para forma do fuste, variaram entre 10,7% e 15,6%.

Para diâmetro dos galhos, esses coeficientes ficaram entre 6,3% a 20,3%. Estes valores, segundo GOMES (1976, p.16), podem ser considerados como moderados, indicando boa precisão experimental (Tabela 32).

A média geral da forma do fuste (1,14) revelou que as árvores das procedências em teste possuem fuste com acentuada tortuosidade. Este fato chamou a atenção, pois apesar do alto incremento volumétrico desta espécie em Tibagi, PR, a quase totalidade das árvores apresentaram fustes tortuosos. Estudos como os de NEIL (1991, p.194), indicam que a forma do fuste das árvores desta espécie sofre forte influência das características geográficas e climáticas da região de origem das sementes.

Foi observado uma associação positiva e significativa a 10% pelo teste t entre a forma do fuste das árvores em Tibagi com a altitude e a longitude da origem das sementes (Tabela 31). As procedências La Cañada, San Jerônimo (México) e Coapilla de regiões de menores altitude (entre 1300 e 1350 m) e maiores longitude (92°W a 97°W), apresentaram valores maiores para a forma do fuste, ou seja, fustes menos tortuosos, diferindo significativamente ao nível de 5% (teste de Tukey) das procedências Coban, Altamirano, Tatumbla, Tapiquil e Valle de Angeles, que apresentaram os fuste mais tortuosos e são originadas de regiões de maiores altitudes (1315 e 1634 m) e menores longitudes (86°W e 92°W).

A testemunha 999 (*P. taeda*) também apresentou árvores com fustes tortuosos, diferindo significativamente ao nível de 5% (teste de Tukey) das procedências La Cañada, San Jerônimo (México), Dulce Nombre de Copan e Coapilla (Tabela). Estes resultados são similares aos observados por NYOKA, (1994, p.47) em Zimbabue, onde as procedências Dulce

Nombre de Copan apresentaram fustes tortuosos. Na África do Sul, CROCKFORD *et. al.* (1991, p.213), observaram que as procedências Dulce Nombre de Copan e Tatumbla, também apresentaram árvores com fustes muito tortuosos.

A média geral para o diâmetro dos galhos foi 2,1. Isto indica que as árvores no ensaio possuem galhos de diâmetros muito próximo ao ponto médio da escala de avaliação. Tatumbla, San Jerônimo (México) e a testemunha *P. taeda*, apresentaram galhos com os menores diâmetros e diferenciam-se ao nível de 5% (teste de Tukey) das procedências Coban, Altamirano, Tapiquil, La Cañada, Dulce Nombre de Copan, Coapilla e San Jerônimo (Guatemala) que apresentaram galhos mais grossos (Tabela 32). Não foram detectadas correlações significativas pelo teste de t entre esta característica com a latitude, longitude, altitude e precipitação da origem das sementes (Tabela 31).

4.3 ÁRVORES BIFURCADAS E ÁRVORES COM COPA QUEBRADA

A análise de variância de árvores com copa quebrada e bifurcadas revelou a existência de diferenças significativas ao nível de 5% (teste de Tukey) entre procedências para ambas as características, e entre progênes somente para árvores com copa quebrada. Já entre progênes dentro de cada procedência, foram detectadas diferenças para ambas as características no caso das procedências Dulce Nombre de Copan e San Jerônimo (Guatemala). Para árvores com copa quebrada, existiram

diferenças também entre as progênies de Altamirano e Tapiquil, enquanto que para árvores bifurcadas existiram diferenças também entre as progênies de Coban.

Os coeficientes de variação estimados ao nível de progênie dentro de cada procedência para árvores bifurcadas estão entre 44,6% e 57,7%, enquanto que para árvores com copa quebrada estão entre 40,9% a 62,1%. Estes valores são considerados altos (GOMES, 1976, p.16), indicando uma grande variação dos dados, possibilitando considerável margem de erro de precisão experimental.

A análise de variância ao nível de progênies e a comparação das médias das procedências pelo teste de Tukey de árvores com copa quebrada e bifurcadas estão contidos na Tabela 33.

TABELA 33 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIES E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA ÁRVORES COM COPA QUEBRADA (CQ) E ÁRVORES BIFURCADAS (BIF) DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS.	N	BIF			CQ		
		\bar{X}	CV(%)	F ^a	\bar{X}	CV(%)	F ^a
Coban - (Guatemala)	5	19,5 D	44,6	2,0**	19,6 D	42,0	1,0 ^{ns}
Altamirano - (México)	6	24,0 AB	47,9	0,43 ^{ns}	27,1 AB	40,9	1,7**
Tatumbia - (Honduras)	6	25,7 A	53,0	1,41 ^{ns}	28,2 A	49,6	1,3 ^{ns}
Tapiquil - (Honduras)	16	23,7 AB	51,1	0,80 ^{ns}	25,6 B	44,9	2,1**
La Cañada - (México)	7	17,5 D	46,5	0,98 ^{ns}	16,7 E	47,7	0,5 ^{ns}
S. Jerónimo - (México) ^b	20	20,7 C	45,7	0,89 ^{ns}	20,2 D	44,1	1,0 ^{ns}
D. N. de Copan - (Honduras) ^b	22	24,3 AB	46,2	2,3**	23,0 C	47,7	2,2**
V. de Angeles - (Honduras) ^b	15	19,8 C	46,2	1,1 ^{ns}	21,1 CD	45,7	1,3 ^{ns}
Coapilla - (México)	6	24,4 AB	57,7	1,3 ^{ns}	21,5 CD	62,1	0,28 ^{ns}
S. Jerónimo - (Guatemala)	7	23,4 B	45,3	1,9**	25,7 B	41,5	4,1**
Test 999 ^c		22,9 B			14,6 E		
Média Geral ^d		22,4 ^d			21,5 ^d		
F prog/proc. (em conjunto)				1,2 ^{ns}			1,6**
F proc				3,8**			2,0**

^a = F de progênies dentro de procedências, ** = significativo a 1% de probabilidade do erro, ns = não significativo, N = número de progênies por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, ^b = procedências comuns aos dois experimentos, ^c Test 999 = *P. taeda* (Jaguariaíva, PR); \bar{X} = Média da procedência, ^d = Média geral da análise conjunta, não incluindo a testemunha, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

Os testes de procedências e progênies de *P. maximinoi* revelaram que 22,4% das árvores são bifurcadas e 21,5% possuem copa quebrada aos 5 anos de idade, revelando a sensibilidade desta espécie às condições ambientais da região de Tibagi, PR.

O grupo de procedências constituído por Tatumbla, Altamirano, Tapiquil, Dulce Nombre de Copan e Coapilla, apresentaram o maior número de árvores bifurcadas e diferiram significativamente ao nível de 5% (teste de Tukey) das procedências Coban, La Cañada, San Jerônimo (México) e Valle de Angeles (Honduras), com menor número de árvores bifurcadas (Tabela 33). Resultado similar foi observado para árvores com copa quebrada. As procedências Tatumbla, Altamirano, Tapiquil e San Jerônimo (Guatemala) apresentaram maior número de árvores com copa quebrada e diferiram significativamente ao nível de 5% das procedências Coban, La Cañada, San Jerônimo (México), Valle de Angeles, Coapilla e testemunha *P. taeda*, que apresentaram o menor número de árvores com copa quebrada.

O coeficiente de correlação de Spearman indica que não existe associação significativa entre árvores bifurcada e árvores com copa quebrada com a variação de latitude, longitude, altitude e precipitação dos locais de origem das sementes (Tabela 31). Entretanto, foi observado uma correlação alta e positiva (0,781) entre o número de árvores bifurcadas e árvores com copa quebrada, indicando que árvores bifurcadas têm maior tendência para a quebra de suas copas. Resultados similares foram observados por NYOKA (1994, p.47) em Zimbábue, África do Sul, onde a média de árvores com copa quebrada atingiu 30% aos cinco anos de idade.

As procedências Coban e La Cañada, apresentaram o menor número de árvores bifurcadas e com copa quebrada, revelando o potencial destas procedências para serem utilizadas como fonte de material genético para seleção de indivíduos livres destas características indesejáveis.

4.4 SOBREVIVÊNCIA E ÁRVORES COM “FOXTAIL”

A análise de variância de árvores com “foxtail” e da sobrevivência revelou a existência de diferenças significativas ao nível de 5% (teste de Tukey) entre procedência para ambas as características, e entre médias de todas as progênes somente para árvores com “foxtail”. Já entre progênes dentro de cada procedência foram detectadas diferenças significativas nas procedências Tapiquil e San Jerônimo (Guatemala) no caso da sobrevivência, enquanto que para árvores com “foxtail”, existiram também diferenças significativas entre as progênes de Coban, Altamirano, Tatumbla, La Cañada, San Jerônimo (México), Valle de Angeles e Coapilla (Tabela 34).

Os coeficientes de variação experimental estimados ao nível de progênie dentro de cada procedência para árvores com “foxtail” estão entre 35% e 66,7%. Para sobrevivência estão entre 21,9% e 29,2%. Segundo GOMES (1976, p.16), esses valores são altos, indicando grande variação dos dados, possibilitando considerável margem de erro na precisão experimental (Tabela 34).

TABELA 34 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA AO NÍVEL DE PROGÊNIAS E PROCEDÊNCIAS E COMPARAÇÃO DAS MÉDIAS DE PROCEDÊNCIAS PELO TESTE DE TUKEY PARA SOBREVIVÊNCIA (SBR) E ÁRVORES COM "FOXTAIL" (FOX) DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	N	SBR			FOX		
		\bar{X}	CV(%)	F ^a	\bar{X}	CV(%)	F ^a
Coban (Guatemala)	5	67,9 AB	25,1	0,50 ^{ns}	21,8 BC	66,7	1,4**
Altamirano (México)	6	63,1 AB	23,5	1,2 ^{ns}	20,1 CD	46,4	1,8**
Tatumbá (Honduras)	6	47,9 C	21,9	1,1 ^{ns}	25,7 A	50,8	3,3**
Tapiquil (Honduras)	16	61,8 ABC	26,3	2,0**	18,8 D	46,7	0,2 ^{ns}
La Cañada (México)	7	71,2 A	23,9	0,87 ^{ns}	18,7 D	65,3	2,2**
S. Jerônimo (México) ^b	20	67,5 AB	25,1	0,47 ^{ns}	16,0 E	35,0	1,9**
D.N. de Copan (Honduras) ^b	22	66,1 AB	25,7	0,95 ^{ns}	16,1 E	37,8	1,3 ^{ns}
V. de Angeles (Honduras) ^b	15	62,4 ABC	26,4	0,81 ^{ns}	20,9 CD	46,5	4,4**
Coapilla (México)	6	62,5 ABC	29,2	0,39 ^{ns}	24,8 A	54	2,1**
S. Jerônimo (Guatemala)	7	55,6 BC	24,0	3,3**	24,0 AB	67,2	0,3 ^{ns}
Test 999 ^c		71,4 A			13,0 F		
Média Geral ^d		63,4 ^d			19,9 ^d		
F _{proc./prog}				1,1 ^{ns}			1,6**
F _{proc}				2,6**			3,0**

^a = F de progênies dentro de procedências, ** = significativo a 1% de probabilidade do erro, ns = não significativo, N = número de progênies por procedência, CV = coeficiente de variação experimental para cada procedência, ^b = procedências comuns aos dois experimentos, ^c Test 999 = *P. taeda* (Jaguarialva, PR); \bar{X} = Média da procedência, ^d = Média geral da análise conjunta, não incluindo a testemunha, Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem significativamente a 5% pelo teste de Tukey.

As médias de 63,4% de sobrevivência e 19,9% de árvores com "foxtail" indicaram a susceptibilidade do *P. maximinoi* às condições ambientais e climáticas da região de Tibagi, PR. Na implantação deste experimento, ocorreu uma estação seca prolongada, fato este responsável pela elevada mortalidade das mudas na época do plantio. A implantação de novos testes na época das chuvas, demonstrou que a sobrevivência das árvores desta espécie atingiram até 96% na mesma região.

A comparação das médias das procedências pelo teste de Tukey a 5% de significância revelou que a procedências San Jerônimo (México), Dulce Nombre de Copan e a testemunha 999 (*P. taeda*), apresentaram o menor número de árvores com "foxtail", e diferiram significativamente das demais procedências. Também foram observadas diferenças significativas pelo teste de Tukey entre procedências na sobrevivência das árvores.

Tatumbla apresentou o menor número de árvores vivas e se diferencia ao nível de 5% das procedências La Cañada e da testemunha 999 (*P. taeda*), que apresentaram maior sobrevivência.

Não foram observadas correlações significativas pelo teste de t (correlações de Spearman) entre o número de árvores com “foxtail” em Tibagi, PR, com a longitude, latitude, altitude e precipitação dos locais de origem de *P. maximinoi* (Tabela 31).

A incidência de “foxtail” em plantios é indesejável, pois além de comprometer a qualidade tecnológica da madeira, favorece a quebra do fuste comprometendo a produtividade volumétrica das espécies. O *P. maximinoi* em seu habitat natural não apresenta considerável incidência de “foxtail”, porém quando introduzido em regiões com características geográficas e ambientais diferentes da região de origem, tem apresentado significativo número de árvores com esta característica. DVORAK; DONAHUE (1992, p.37), observaram que o número de árvores com “foxtail” diminuiu com a diminuição da latitude e da elevação do sítio. Na Colômbia os sítios localizados entre 2° a 6°N de latitude apresentaram de 69 a 79% de árvores com “foxtail”. Na região de Tibagi, PR, os experimentos localizados a 24°S de latitude apresentaram 19,9% de incidência de foxtail. Entretanto, os coeficientes de correlações de Spearman indicam que o número de árvores com “foxtail” em Tibagi, não sofreu influência significativa da latitude e altitude da região de origem (Tabela 31).

4.5 ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE

Foram estimados os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ao nível de média de progênie e média de parcela e também ao nível de indivíduos na parcela, bloco e no experimento para as características HT, DAP, VOL, FF e DG. Estes coeficientes de herdabilidade fazem parte da expressão para estimar o progresso genético através da seleção individual, combinada e índice multi-efeito e encontram-se na Tabela 35.

As características de crescimento, geralmente, possuem baixos coeficientes de herdabilidade, revelando baixo controle genético e a preponderância dos fatores ambientais como solo, precipitação e altitude na manifestação do fenótipo das árvores (ZOBEL; TALBERT 1984, p.129). Entretanto, a magnitude dos coeficientes de herdabilidade ao nível de média de famílias das características de crescimento do *P. maximinoi* em Tibagi, PR, indicam que tanto os fatores genéticos como os ambientais foram preponderantes na manifestação destas características (Tabela 35).

Com excessão das procedências La Cañada e San Jerônimo (Guatemala), os coeficientes de herdabilidade ao nível de média de famílias das características de crescimento foram altos e estão associados a pequenos desvios padrões. Em geral, melhores resultados na seleção são obtidos quando as estimativas de herdabilidade dos caracteres a serem selecionados são altas e com pequeno desvio padrão. Estimativas de herdabilidade associadas com altos desvios padrões tornam duvidosas as previsões do ganho genético esperado com a seleção (SOUZA *et al.* 1992, p.13). Portanto, a magnitude dos coeficientes de herdabilidade ao nível de famílias das características de crescimento de *P. maximinoi*, indicam que se

a seleção for praticada ao nível de famílias, possibilitará significativos ganho genético em volume, aliado à boa precisão.

TABELA 35 - ESTIMATIVAS DE HERDABILIDADE NO SENTIDO RESTRITO AO NÍVEL DE INDIVÍDUOS NA PARCELA (h^2_{ip}), INDIVÍDUO NO BLOCO (h^2_{ib}) E INDIVÍDUO NO EXPERIMENTO (h^2_{ie}), AO NÍVEL DE PROGÊNEIS (h^2_f), AO NÍVEL DE PARCELA (h^2_p), PARA AS CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS		HT	DAP	VOL	FF	DG
TATUMBLA (HONDURAS)	h^2_{ip}	0,351	0,213	0,263	*	0,209
	h^2_f	0,853	0,826	0,905	*	0,600
		($\pm 0,135$)	($\pm 0,149$)	($\pm 0,108$)		($\pm 0,36$)
	h^2_p	0,375	0,329	0,494	*	0,133
	h^2_{ib}	0,428	0,299	0,378	*	0,221
TAPIQUIL (HONDURAS)	h^2_{ie}	0,324	0,279	0,338	*	0,217
	h^2_{ip}	0,259	0,264	0,362	*	*
	h^2_f	0,684	0,778	0,845	*	*
		($\pm 0,135$)	($\pm 0,104$)	($\pm 0,081$)		
	h^2_p	0,150	0,220	0,305	*	*
LA CANADA (MÉXICO)	h^2_{ib}	0,270	0,309	0,413	*	*
	h^2_{ie}	0,228	0,283	0,369	*	*
	h^2_{ip}	0,084	0,086	0,071	0,153	*
	h^2_f	0,295	0,470	0,436	0,734	*
		($\pm 0,390$)	($\pm 0,232$)	($\pm 0,285$)	($\pm 0,17$)	
SAN JERÔNIMO (MÉXICO)	h^2_p	0,027	0,056	0,049	0,155	*
	h^2_{ib}	0,076	0,100	0,085	0,195	*
	h^2_{ie}	0,063	0,095	0,078	0,163	*
	h^2_{ip}	0,906	0,495	0,725	0,349	*
	h^2_f	0,808	0,834	0,898	0,839	*
DULCE NOMBRE DE COPAN (HONDURAS)		($\pm 0,038$)	($\pm 0,079$)	($\pm 0,058$)	($\pm 0,078$)	
	h^2_p	0,230	0,264	0,386	0,271	*
	h^2_{ib}	0,611	0,483	0,670	0,393	*
	h^2_{ie}	0,594	0,475	0,659	0,387	*
	h^2_{ip}	0,511	0,148	0,403	0,350	*
VALLE DE ANGELES (HONDURAS)	h^2_f	0,755	0,537	0,752	0,755	*
		($\pm 0,19$)	($\pm 0,19$)	($\pm 0,11$)	($\pm 0,11$)	
	h^2_p	0,193	0,082	0,190	0,192	*
	h^2_{ib}	0,430	0,158	0,380	0,353	*
	h^2_{ie}	0,425	0,154	0,378	0,335	*
COAPILLA (MÉXICO)	h^2_{ip}	0,364	0,385	0,453	0,103	0,060
	h^2_f	0,538	0,760	0,776	0,499	0,416
		($\pm 0,203$)	($\pm 0,13$)	($\pm 0,119$)	($\pm 0,219$)	($\pm 0,219$)
	h^2_p	0,085	0,203	0,218	0,074	0,054
	h^2_{ib}	0,246	0,377	0,421	0,121	0,076
SAN JERÔNIMO (GUATEMALA)	h^2_{ie}	0,232	0,337	0,379	0,116	0,076
	h^2_{ip}	0,076	0,320	0,280	0,321	0,054
	h^2_f	0,363	0,711	0,689	0,893	0,401
		($\pm 0,385$)	($\pm 0,201$)	($\pm 0,212$)	($\pm 0,104$)	($\pm 0,221$)
	h^2_p	0,045	0,171	0,158	0,415	0,057
SAN JERÔNIMO (GUATEMALA)	h^2_{ib}	0,084	0,317	0,286	0,410	0,072
	h^2_{ie}	0,078	0,325	0,287	0,361	0,070
	h^2_{ip}	*	0,041	*	0,303	0,054
	h^2_f	*	0,247	*	0,840	0,401
			($\pm 0,417$)		($\pm 0,164$)	($\pm 0,342$)
SAN JERÔNIMO (GUATEMALA)	h^2_p	*	0,029	*	0,326	0,057
	h^2_{ib}	*	0,048	*	0,374	0,072
	h^2_{ie}	*	0,042	*	0,368	0,070

* A estimativa dessas herdabilidades não foi possível devido ao valor do teste de F ser inferior a 1. A estimativa dos coeficientes de herdabilidade da HT, DAP, VOL, FF e DG das procedências Coban e Altamirano não foi possível devido o valor de F ser inferior a 1.

O experimento em questão, foi implantado com seis plantas por parcela, porém com sobrevivência média de 62,6%, o que significa 3,7 indivíduos por parcela, pode-se inferir que 20,3% da variância genética aditiva ficou retida no efeito parcela, justificando a inclusão dos efeitos de parcela nos métodos de seleção. RESENDE; HIGA (1994a) observaram que quanto mais baixo o número de indivíduos por parcela, maior a importância das herdabilidades referentes ao efeito parcela, em relação às herdabilidades entre e dentro de famílias.

Neste estudo as características de crescimento que apresentaram as maiores estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido restrito ao nível de médias de famílias foram VOL, DAP, HT, FF e DG, revelando as perspectivas de ganho genético destas características após a seleção. Resultados similares foram observados em *P. oocarpa* e *P. caribaea* var. *hondurensis* (capítulos um e dois) e em outras espécies florestais (KAGEYAMA, 1980; STURION, 1993, p.69).

4.6 CORRELAÇÃO GENÉTICA E FENOTÍPICA ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS

As correlações genéticas aditivas ao nível de plantas e as correlações fenotípicas ao nível de famílias entre as características altura, DAP, volume, forma do fuste e diâmetro dos galhos, são apresentadas nas Tabelas 36 e 37.

Com excessão da procedência La Cañada, as estimativas dos coeficientes de correlação genética aditiva, ao nível de plantas, entre as

características de crescimento (HT, DAP e VOL) foram positivas e de alta magnitude. Assim, quando se praticar a seleção em qualquer uma delas, espera-se uma alta resposta correlacionada na outra, o que se constitui uma vantagem, uma vez que o sentido da seleção é o mesmo para tais características. Estas correlações altas e positivas são similares aos resultados obtidos pela maioria dos autores, em diferentes espécies florestais, podendo-se destacar os trabalhos de KAGEYAMA (1980, p.95) e STURION (1993, p.66).

A forma do fuste (FF) e diâmetro dos galhos (DG) apresentaram correlações genéticas aditivas negativas de média e pequena magnitude com DAP e VOL e também quando correlacionadas entre si em todas as procedências (Tabelas 36 e 37). Portanto, a seleção com base no DAP visando aumentar a produção volumétrica, não trará reflexos negativos significativos sobre a forma do fuste e diâmetro dos galhos das árvores selecionadas, com exceção das procedências Tatumbla e San Jerônimo (México). Este fato, aliado ao objetivo deste estudo, evidencia a necessidade da primeira etapa da seleção seja em função da produção em volume. A etapa subsequente será a ré-seleção das árvores em função da forma do fuste e do diâmetro dos galhos.

Tabela 36 - ESTIMATIVA DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E FENOTÍPICAS AO NÍVEL DE PROGÊNIES (r_F) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	CARAC	HT	DAP	VOL	FF	DG
COBAN (GUATEMALA)	HT		0,844	0,926	-0,587	-0,498
	DAP	0,794		0,980	-0,128	-0,294
	VOL	0,696	0,814		0	0
	FF	0	0	-0,313		0
	DG	0	0	-0,333	0	
ALTAMIRANO (MÉXICO)	HT		0,370	0,558	-0,641	-0,663
	DAP	0,631		0,974	-0,253	-0,147
	VOL	0,326	0,952		0,003	-0,343
	FF	-0,434	0,337	0,002		-0,104
	DG	-0,872	-0,526	-0,003	-0,114	
TATUMBLA (HONDURAS)	HT		0,899	0,923	-0,317	-0,832
	DAP	0,723		0,985	-0,429	-0,855
	VOL	0,892	0,994		0	-0,927
	FF	0	0	-0,049		-0,231
	DG	-0,668	-0,961	-0,804	0	
TAPIQUIL (HONDURAS)	HT		0,869	0,924	0,043	-0,198
	DAP	0,763		0,987	-0,055	-0,299
	VOL	0,852	0,985		-0,356	0
	FF	0	0	-0,084		-0,313
	DG	-0,295	-0,257	-0,270	0	
LA CANADA (MÉXICO)	HT		0,277	0,565	-0,745	-0,251
	DAP	0,443		0,928	-0,111	-0,395
	VOL	0,119	0,900		-1,0	-0,076
	FF	-0,752	-0,488	-0,343		-0,152
	DG	-0,045	-0,219	-0,350	-0,586	
S. JERÓNIMO (MÉXICO)	HT	-	0,773	0,882	-0,265	-0,762
	DAP	0,816		0,974	-0,492	-0,800
	VOL	0,909	0,981		-	-1,000
	FF	-0,337	-0,011	-0,083		-0,135
	DG	-1,0	-1,0	-0,819	-0,589	
DULCE NOMBRE DE COPAN (HONDURAS)	HT		0,674	0,872	-0,369	-0,396
	DAP	0,765		0,936	-0,229	-0,169
	VOL	0,883	0,981		-0,636	0
	FF	-0,525	-0,626	-0,436		-0,151
	DG	0	0	-0,273	0	
VALLE DE ANGELES (HONDURAS)	HT		0,743	0,852	-0,266	-0,451
	DAP	0,817		0,955	-0,139	-0,451
	VOL	0,721	0,964		-0,090	-0,494
	FF	-0,40	-0,142	-0,043		-0,230
	DG	-0,54	-0,834	-0,538	-0,567	
COAPILLA (MÉXICO)	HT		0,637	0,721	-0,047	-0,663
	DAP	0,628		0,979	-0,258	-0,474
	VOL	0,728	0,979		-0,213	0
	FF	-0,127	-0,261	-0,220		-0,117
	DG	0	0	-0,617	0	
S. JERÓNIMO (GUATEMALA)	HT	-	0,784	0,875	-0,131	-0,530
	DAP	0,718		0,952	-0,152	-0,430
	VOL	0,721	0,984		-0,126	-0,632
	FF	0,497	-0,470	0,002		-0,596
	DG	-1,0	-0,464	-0,404	-0,983	

Onde: r_A = diagonal superior ; r_F = diagonal inferior; HT = altura total (m); VOL = volume; FF = forma do fuste; DG = diâmetro do galho; DAP = diâmetro à altura do peito

As correlações genéticas aditivas de maiores magnitude foram observadas entre o volume e o DAP. As características altura e DAP, mostraram menor correlação entre si, muito embora seu valor seja relativamente alto e positivo. Observa-se ainda, que os desvios padrões das correlações genéticas aditivas entre o DAP e o VOL foram de baixa magnitude (Tabela 37).

TABELA 37 - ESTIMATIVA DAS CORRELAÇÕES GENÉTICAS ADITIVAS AO NÍVEL DE PLANTAS (r_A) E OS DESVIOS PADRÕES ($S(r_{Axy})$) ENTRE PARES DE CARACTERÍSTICAS DE CRESCIMENTO DE *P. maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE EM TIBAGI, PR.

PROCEDÊNCIAS	CARACTERÍSTICAS	r_A	$S(r_{Axy})$
Coban	HT/DAP	0,844	*
	HT/VOL	0,926	*
	DAP/VOL	0,980	*
Altamirano	HT/DAP	0,370	*
	HT/VOL	0,558	*
	DAP/VOL	0,974	*
Tatumbia	HT/DAP	0,899	0,086
	HT/VOL	0,923	0,058
	DAP/VOL	0,985	0,012
Tapiquil	HT/DAP	0,869	0,116
	HT/VOL	0,924	0,062
	DAP/VOL	0,987	0,009
La Canada	HT/DAP	0,277	*
	HT/VOL	0,565	*
	DAP/VOL	0,928	0,154
San Jerónimo (México)	HT/DAP	0,773	0,118
	HT/VOL	0,882	0,057
	DAP/VOL	0,974	0,015
Dulce Nombre de Copan	HT/DAP	0,674	0,307
	HT/VOL	0,872	0,096
	DAP/VOL	0,936	0,075
Valle de Angeles (Honduras)	HT/DAP	0,742	0,286
	HT/VOL	0,852	0,170
	DAP/VOL	0,955	0,040
Coapilla (México)	HT/DAP	0,637	*
	HT/VOL	0,721	*
	DAP/VOL	0,979	0,026
San Jerónimo (Guatemala)	HT/DAP	0,784	*
	HT/VOL	0,875	*
	DAP/VOL	0,952	*

Não foi possível estimar o desvio padrão devido o valor de F ser inferior a 1.

Estas altas correlações associadas aos baixos desvios padrões, indicam que a opção da seleção baseada no DAP deverá refletir-se em significativos ganho genético indireto em volume, com boa precisão. Logo, a

seleção visando elevar a produção volumétrica deverá ser feita com base no DAP.

As estimativas de correlações fenotípicas, ao nível de progênes mostraram as mesmas tendências que as correlações genéticas aditivas ao nível de plantas, ou seja, foram positivas e de alta magnitudes entre as características de crescimento (HT, DAP e VOL) e nulas ou negativas de média e pequena magnitude entre estas características e a forma do fuste e o diâmetro dos galhos. Deve-se considerar, que as correlações obtidas foram a níveis diferentes, uma ao nível de indivíduos e outra ao nível de médias de famílias, não possibilitando comparações diretas.

4.7 ESTIMATIVAS DE GANHOS GENÉTICOS ATRAVÉS DA SELEÇÃO INDIVIDUAL, COMBINADA E ÍNDICE MULTI-EFEITO

A possibilidade do aproveitamento dos testes de progênes dentro de procedências para a produção de sementes deve levar em consideração alguns fatores limitantes expostos no capítulo 1, pois a maioria dos ensaios desta natureza delineados em blocos de famílias compactas vem utilizando várias procedências com um número de progênes muito pequeno que sob seleção poderia resultar num esquema inadequado para a produção de sementes.

Considerando que o objetivo do presente trabalho é selecionar material genético de maior produtividade volumétrica, optou-se por selecionar o mesmo número de indivíduos em cada procedência com base nas estimativas de maiores ganhos genéticos em DAP. O fato da seleção do mesmo número de indivíduos em todas as procedências é decorrente da

necessidade da ampliação da base genética do pomar de sementes por mudas e da racionalização da disposição dos indivíduos na área do pomar após o desbaste. As acurácias e os intervalos de confiança foram os parâmetros genéticos usados para a determinação do método de seleção que possibilitou a maior estimativa de ganho genético em volume e estão apresentados nas Tabelas 38, 39 e 40.

TABELA 38 - ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADA E PORCENTAGEM DO GANHO GENÉTICO INDIRETO EM VOLUME, ATRAVÉS DA SELEÇÃO COM BASE NO DAP, AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO.

PROCEDÊNCIAS	MÉTODOS DE SELEÇÃO	VOLUME			
	BLOCO	ACURÁCIA	GS INDIR. (%)	INT. DE CONF. DO GS (%)	NOVA MÉDIA (m ³ /arv)
TATUMBLA (HONDURAS)	Individual	0,6148	23,1	20,8 - 25,3	0,1057
	Combinada	0,5825	24,9	22,6 - 27,2	0,1091
	Multi-Efeito	0,6586	26,7	24,6 - 28,8	0,1107
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,5814	35,6	29,6 - 41,5	0,1184
	Combinada	0,5825	38,9	32,9 - 44,8	0,1213
TAPIQUIL (HONDURAS)	Multi-Efeito	0,66,17	43,9	38,3 - 49,3	0,1256
	BLOCO*				
	Individual	0,6425	24,3	22,8 - 25,7	0,1227
	Combinada	0,6447	28,4	26,9 - 29,8	0,1259
	Multi-Efeito	0,6825	28,6	27,2 - 30,0	0,1264
	EXPERIMENTO**				
LA CANADA (MÉXICO)	Individual	0,6071	29,9	25,3 - 34,4	0,1282
	Combinada	0,6447	36,3	31,9 - 40,7	0,1340
	Multi-Efeito	0,6828	36,5	32,3 - 40,7	0,1345
	BLOCO*				
	Individual	0,3063	6,0	5,0 - 7,0	0,0955
	Combinada	0,3902	8,0	7,0 - 9,0	0,0972
SAN JERÓNIMO (MÉXICO)	Multi-Efeito	0,3988	8,0	7,0 - 9,0	0,0973
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,2929	12,62	9,8 - 15,4	0,1014
	Combinada	0,3902	12,90	10,2 - 15,6	0,1016
	Multi-Efeito	0,3992	13,86	11,1 - 16,5	0,1025
	BLOCO*				
SAN JERÓNIMO (MÉXICO)	Individual	0,8188	53,7	52,0 - 55,3	0,143
	Combinada	0,8043	54,5	52,7 - 56,2	0,145
	Multi-Efeito	0,8382	56,7	55,1 - 58,3	0,149
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,8121	72,7	67,6 - 77,8	0,160
	Combinada	0,8043	74,7	69,5 - 79,9	0,162
SAN JERÓNIMO (MÉXICO)	Multi-Efeito	0,8393	76,6	71,8 - 81,3	0,164

*No bloco: implantação do pomar de sementes por mudas, **No experimento: implantação do pomar de sementes clonal

TABELA 39 - ACURÁCIAS ASSOCIADAS ÀS UNIDADES DE SELEÇÃO UNIVARIADAS E PORCENTAGEM DO GANHO GENÉTICO INDIRETO EM VOLUME, ATRAVÉS DA SELEÇÃO COM BASE NO DAP AO NÍVEL DE BLOCO E EXPERIMENTO.

PROCED.	VOLUME				
	BLOCO*	ACURÁCIA	GANHO GENÉTICO INDIRETO (%)	INTERVALO DE CONFIANÇA DO GANHO (%)	NOVA MÉDIA (m ³ /árv.)
DULCE NOMBRE DE COPAN (HOND.)	Individual	0,6167	21,4	19,9 - 23,0	0,110
	Combinada	0,6459	23,8	23,3 - 25,4	0,112
	Multi-Efeito	0,6685	25,3	23,8 - 26,8	0,114
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,6156	32,6	28,6 - 36,6	0,121
	Combinada	0,6459	33,2	29,3 - 37,1	0,121
	Multi-Efeito	0,6699	35,2	31,4 - 39,0	0,123
	BLOCO				
	Individual	0,6495	33,7	32,0 - 35,3	0,121
VALLE DE ANGELES (HOND.)	Combinada	0,6677	34,9	33,3 - 36,5	0,122
	Multi-Efeito	0,6935	36,0	34,4 - 37,5	0,123
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,6162	47,5	42,3 - 52,6	0,133
	Combinada	0,6677	50,9	46,1 - 55,8	0,136
	Multi-Efeito	0,6940	55,8	51,1 - 60,5	0,141
COAPILLA (MÉXICO)	BLOCO*				
	Individual	0,5349	19,7	18,2 - 21,2	0,240
	Combinada	0,5561	22,2	20,8 - 23,6	0,245
	Multi-Efeito	0,5775	22,8	21,4 - 24,2	0,246
	EXPERIMENTO**				
	Individual	0,5362	26,2	21,8 - 30,6	0,253
	Combinada	0,5561	32,6	28,3 - 36,9	0,266
	Multi-Efeito	0,5821	36,4	32,2 - 40,6	0,273

*No bloco: implantação do pomar de sementes por mudas

**No experimento: implantação do pomar de sementes clonal

4.7.1 ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO BLOCO (POMAR DE SEMENTES POR MUDAS)

A seleção ao nível de bloco, decorre da necessidade de instalação do pomar de sementes por mudas, os quais exigem uma distribuição equilibrada de plantas ao longo dos blocos. O número de indivíduos selecionados em cada procedência correspondeu a uma intensidade de seleção entre 2,18% (San Jerônimo - México) a 7,41% (Coban), portanto, foi praticada diferentes intensidade de seleção para cada procedência. Foram

selecionados 20 indivíduos por procedência, totalizando 200 indivíduos que deverão estar distribuídos numa área correspondente a 41.500 m².

A seleção com base no DAP proporcionou estimativas de ganhos genéticos indiretos em volume de 26,8% (seleção individual), de 28,0% (seleção combinada) e de 29,18% (índice multi-efeito). Elevando a nova média das populações após um ciclo de seleção de 0,0925 m³/árv para 0,1342 m³/árv. (seleção individual), para 0,1369 m³/árv. (seleção combinada) e para 0,1382 m³/árv (índice multi-efeito) (Tabela 40).

TABELA 40 - ACURÁCIAS E GANHOS GENÉTICOS INDIRETOS EM VOLUME (GS) E A NOVA MÉDIA DA POPULAÇÃO APÓS UM CICLO DE SELEÇÃO DE *Pinus maximinoi*, AOS CINCO ANOS DE IDADE, EM TIBAGI, PR.

MÉTODOS DE SELEÇÃO	VOLUME		
	Acurácias	GS	NOVA MÉDIA (m ³ /árv)
No Bloco (PSM)			
individual	0,597	26,86	0,1342
combinada	0,613	28,09	0,1369
multi-efeito	0,649	29,18	0,1382
No Experimento (PSC)			
individual	0,580	36,72	0,1451
combinada	0,613	39,98	0,1491
multi-efeito	0,647	42,60	0,1522

*No bloco: implantação do pomar de sementes por mudas

**No experimento: implantação do pomar de sementes clonal

As acurácias e os intervalos de confiança do ganho genético indireto em volume referente ao método de seleção denominado índice multi-efeito foram, no mínimo, iguais aqueles obtidos para a seleção combinada no bloco e sempre superiores aquelas obtidos para a seleção individual no mesmo estrato.

O intervalo de confiança para determinação do ganho genético em volume foi construído com 95% (t=1,96) de confiança num teste bilateral.

Considerando-se que a construção do intervalo de confiança do ganho genético é construído com base no ganho genético e na acurácia, pode-se inferir que este parâmetro revela de maneira eficiente o método de seleção com as maiores probabilidades de ganho genético (Tabelas 38 e 39).

É importante observar alguns aspectos na opção pela implantação do pomar de sementes por mudas ou pomar de sementes clonal. Para transformação do teste de procedência e progênies instalado em Tibagi, PR, em pomar de sementes por mudas é necessário considerar os custos com os desbastes programados dos indivíduos indesejados e o tempo necessário para produção de sementes em escala comercial. Atualmente as árvores deste teste estão com sete anos e já estão produzindo sementes. Portanto, o tempo para produção de sementes em escala comercial no pomar de sementes por mudas será significativamente inferior ao do pomar de sementes clonal. Os custos de transformação do teste de progênie dentro de procedências em pomar de sementes por mudas poderão ser compensados em um curto espaço de tempo, devido a produção de sementes melhoradas em quantidades suficientes para atender a demanda da empresa e a venda do excedente no mercado local.

As diferenças de ganho genético obtidas entre os três métodos de seleção testados, foram consideráveis, sendo que o índice multi-efeito proporcionou os maiores ganhos genéticos em todas as procedências. Essas diferenças de ganhos genéticos entre estes métodos de seleção assumem grande importância prática quando considera-se que os plantios florestais ocupam grandes áreas, significando que a diferença da produtividade volumétrica entre os métodos de seleção tem grande importância econômica.

Com base nas acurácias e nos limites inferiores dos intervalos de confiança dos ganhos genéticos em volume, é aconselhável optar pela utilização do índice multi-efeito, pois sua adoção não implica em custos adicionais ao processo seletivo e maximizou o ganho genético indireto em volume deste estudo.

4.7.2 ESTIMATIVAS DO GANHO GENÉTICO NO EXPERIMENTO (POMAR DE SEMENTES CLONAL)

A seleção ao nível de experimento visa a instalação do pomar de sementes clonal. O número de indivíduos selecionados corresponde a uma intensidade de seleção entre 0,33% (San Jerônimo - Méx.) a 1,11% (Coban), o que deixaria o pomar com uma população com 30 árvores. Foram selecionados 3 indivíduos por procedência que apresentaram os maiores ganhos genéticos em DAP.

As estimativas de ganho genético indireto em volume após um ciclo de seleção, foram de 36,7% (seleção individual), 39,98% (seleção combinada) e de 42,6% (índice multi-efeito). Elevando a nova média da população de 0,0925 m³/árv para 0,1451 m³/árv (seleção individual), para 0,1491 m³/árv. (seleção combinada) e para 0,1522 m³/árv (índice multi-efeito) (Tabela 40).

Observa-se que a seleção índice multi-efeito apresentou acurácias e ganhos genéticos indiretos em volume maiores ou iguais a seleção combinada, e esta, maior que a seleção individual. A maior eficiência da seleção índice multi-efeito em relação a seleção combinada e individual foi

observado ao nível de pomar de sementes por mudas e pomar de sementes clonal (Tabelas 38 e 39). Com base nos limites inferiores dos ganhos genéticos indiretos em volume e nas acurácias, pode-se inferir que a seleção índice multi-efeito maximizou os ganhos genéticos indiretos em volume tanto na implantação do pomar de sementes por mudas como no pomar de sementes clonal. A opção pelo pomar de sementes por mudas ou clonal deve levar em consideração os custos, o tempo de produção de sementes em escala comercial aliado aos objetivos da empresa.

5 CONCLUSÕES:

- a) Variações genéticas foram detectadas entre e dentro de procedências e progênies para as características altura, DAP, volume, forma do fuste, árvores com copa quebrada e árvores com foxtail, revelando o potencial das populações em teste para ser explorado em termos de seleção.
- b) As procedências Coban e Altamirano, originadas de regiões de maior precipitação, apresentaram maior produtividade volumétrica na região de Tibagi, PR.
- c) As árvores das populações em teste apresentaram fustes tortuosos, porém La Cañada, San Jerônimo (México), Dulce Nombre de Copan e Coapilla originadas de regiões de longitudes entre 88°W e 97°W e altitudes entre 1200 m a 1350 m, apresentaram fustes menos tortuosos.
- d) As populações em teste em Tibagi, PR, apresentaram elevado número de árvores bifurcadas e com copa quebrada, sendo que as procedências Coban, La Cañada e San Jerônimo (México) apresentaram o menor número de árvores com copa quebrada e bifurcadas.
- e) As árvores das procedências Dulce Nombre de Copan e San Jerônimo (México) apresentaram a menor incidência de “foxtail” e nenhuma correlação significativa foi observado com as características geográficas e climáticas da região de origem das sementes.
- f) As características de maior controle genético foram respectivamente volume, forma do fuste, DAP, altura e diâmetro dos galhos, revelando boas perspectivas de resposta à seleção.

- g) A seleção de árvores visando maximizar o ganho genético em volume deverá ser baseada no DAP, em virtude dos altos coeficientes de correlação genética aditiva seguidos de baixos desvios padrões entre esta característica e o volume.
- h) Na transformação dos testes de procedências e progênies de *P. maximinoi* em Tibagi, PR, em pomar de sementes por mudas, as estimativas de ganho genético indireto em volume de madeira através da seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 26,86%, 28% e 29,18%,
- i) No pomar de sementes clonal as estimativas de ganho genético indireto em volume de madeira com a seleção individual, combinada e índice multi-efeito foram respectivamente 36,72%, 39,98% e 42,6%.

CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

A avaliação dos testes de procedências e progênies de *Pinus oocarpa* Schiede, *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. & Golf. e *Pinus maximinoi* H. E. Moore, revelou uma elevada produção volumétrica aliada a uma significativa variação genética entre e dentro de procedências, tanto para o volume como para outras características de interesse. Isto demonstra o elevado potencial das populações em estudo, para que seja desenvolvido um programa de melhoramento genético dessas espécies nas regiões sul e sudeste do Brasil.

Os valores de herdabilidade ao nível de médias de famílias e de indivíduos, para VOL, DAP e HT, indicam boas perspectivas de resposta à seleção. A seleção visando elevar a produção volumétrica, poderá ser baseada no DAP, devido aos elevados valores das correlações genéticas aditivas entre VOL e DAP e dos baixos desvios padrões dessas correlações.

A seleção pelo índice multi-efeito, por considerar frações da variância genética aditiva retida nos efeitos de parcelas e de blocos, será mais eficiente do que a seleção individual e combinada, maximizando os ganhos genéticos em volume tanto na implantação do pomar de sementes por mudas como no pomar de sementes clonal.

Para melhorar a forma do fuste, diminuir a quebra de copa e a bifurcação das árvores, recomenda-se a introdução de novos materiais genéticos, levando-se em consideração as características geográficas e climáticas das regiões de origem das sementes. Para *Pinus oocarpa*, as árvores com melhor forma do fuste

em Angatuba, SP, são as originadas de regiões com longitudes entre 86°W e 87°W. O menor número de árvores com copa quebrada tem origem em regiões com precipitação média anual em torno de 1100 mm. Para *Pinus maximinoi*, as árvores com melhor forma do fuste em Tibagi, PR, são as originadas de regiões com longitudes entre 92°W e 97°W e altitude em torno de 1350 m. O reduzido número de procedências de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, impossibilitou o estudo das correlações entre as características de crescimento com os dados geográficos e climáticos das regiões de origem das sementes dessa espécie.

Recomenda-se ainda, o desenvolvimento de trabalhos visando a produção de híbridos inter-específicos, para superar fatores climáticos como geadas e temperaturas abaixo de zero graus, que são limitantes para o estabelecimento de plantios comerciais destas no sul do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ALBINO, C. J. Correlações entre características das plantas de sete procedências de *P. oocarpa* Schiede, nas localidades de Agudos, SP, e Sete Lagoas, MG, Circular Técnica, IPEF, Piracicaba, n. 134, p.9, 1981
- 2 AMARAL, A. C.; FERREIRA, M.; COUTO, H. T. Z. Métodos de avaliação da densidade básica da madeira de populações de pinheiros tropicais, IPEF, Piracicaba, v.15, p. 47-67, 1977.
- 3 ARBUTHNOT, A. The influence of basic wood density of *eucalypts* on pulp and properties. In: IUFRO SYMPOSIUM INTENSIVE FORESTRY: The role of *Eucalyptus*. (1991: Durban). Proceedings. p.666-975.
- 4 BARNES, R. D.; STYLES, B. T. The closed cones pines of Mexico and Central America. **The Commonwealth Forestry Review**, 62(2): 81-4, jun, 1983.
- 5 BARRICHELO, L. E. G. **Estudo das características físicas, anatômicas e químicas da madeira de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Barr. et Golf. para a produção de celulose Kraft.** Piracicaba, 1979. Tese (Tese de Livre Docência) - Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura Luís de Queiroz - USP.
- 6 _____. Caracterização da madeira de *Pinus* spp. IPEF, Piracicaba, v.3, n.14, p.100 - 112, set. 1984.
- 7 BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G.; FERREIRA, M. Melhoramento dos caracteres da madeira frente a produção de celulose e papel. Boletim Informativo. IPEF, Piracicaba, v.19, n.6, p.95-115, 1978.
- 8 BRITO, J. O.; BARRICHELO, L. E. G. Correlação entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão: 2. Densidade da madeira x densidade do carvão. IPEF, Piracicaba, n.26, p.121 -126, 1980.
- 9 ____ ; ____ . Aspectos técnicos da utilização da madeira e carvão vegetal como combustíveis. In: 2º SEMINÁRIO DE ABASTECIMENTO ENERGÉTICO INDUSTRIAL COM RECURSOS FLORESTAIS (2 : 1982 : São Paulo). **Palestras apresentadas.** São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982, p.101-137

- 10 CORNELIUS, J. P.; PONCE, E. G. Provenance trials of *Pinus caribaea* Morelet var. *hondurensis* (Sendl.) Barr. and Golf. and *P. oocarpa* Schiede in the republic of Honduras. **The Commonwealth Forestry Review**, 69(3): 227-246, 1990.
- 11 CORRÊA, G. **Controle genético do enraizamento de estacas de erva-mate** (*Ilex paraguariensis* Sain Hilaire). Curitiba, 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 12 COTTERILL, P. P.; JAMES, J. W. Number of offspring and plot size required for progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, 33(6): 203-9, 1984.
- 13 CRACIUM, G. *Pinus caribaea* Morelet international provenance progress report, Northern Territory. In: PROGRESS AND PROBLEMS OF GENETIC IMPROVEMENT OF TROPICAL FOREST TREES. (Eds. Nikles, D. G. ; Burley, J. e Barnes). Oxford Forestry Institute, v.1, p. 325-333, 1978.
- 14 CROCKFORD, K. J.; BAYLIS, W. B.; DUNSDON, A. J.; WANYANCH, J. M.; WRITH, J. A. Provenance productivity of *Pinus maximinoi* in Southern Africa. **The Commonwealth Forestry Review**. v. 70, n.4, p. 213-236, 1991.
- 15 DUDLEY, J. W.; MOLL, R. H. Interpretation and use of estimation of heretability and genetic variances in plant breeding. **Crop Science**, v.2, n.3, p.257-262, 1969
- 16 DVORAK, W. S.; DONAHUE, J. K. **CAMCORE Cooperative Research Review**. 1980 - 1992. Departement of Forestry College of Forest Resource North Carolina State University. CAMCORE COOPERATIVE, 1992.
- 17 ____ ; ____ . *Pinus maximinoi* seed collections in Mexico and Central America. **CAMCORE Technical Bulletin** n. 4. College of Forest Resources, North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. 47 pp. 1988.
- 18 DVORAK, W. S.; RAYMOND, R. H. The taxonomic status of closely related closed cone pine in Mexico and Central America. **New Forests**, n.4, p. 291-307, 1991.
- 19 EGUILUZ, P. T.; PERRY, J. P. *Pinus tecunumanii*: una especie nueva de Guatemala. **Ciencia Forestal**, v.8,n.41,p. 3-22, 1983.

- 20 EISEMANN, R. L. ; NIKLES, D. G. ; NEWTON, R. S. Preliminary investigation of variation and provenance environmental interaction in *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. and Golf. in Queensland planting trials. **Silvicultura**, v.8, p. 62-68, 1983.
- 21 Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de florestas, Curitiba, PR. Zoneamento Ecológico para Plantios Florestais no Estado do Paraná, por Antonio Aparecido Carpanezzi e outros. Brasília, **EMBRAPA-DDT**, 1986, 89 pags (**EMBRAPA-CNPQ**. Documento, 17).
- 22 FALCONER, O. S. **Introdução a genética quantitativa**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1987, 279p.
- 23 FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M.; BARRICHELO, L. E. G. Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, v.213, p. 65-74, 1971.
- 24 FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G. **Tecnologia de celulose e papel**. Piracicaba: ESALQ - Departamento de Silvicultura, 1975. 207p.
- 25 FONSECA, S. M.; FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Resultados e perspectivas do programa de melhoramento genético com *Eucalyptus*, conduzido pelo IPEF, na região sul do Brasil. Boletim Informativo. **IPEF**, Piracicaba, n.7, v.21, p.1-37, 1979
- 26 GIBSON, G. L.; BARNES, R. D.; BERRINGTON, J. Provenance productivity in *Pinus caribaea* and its interaction with environment. **The Commonwealth Forestry Review**. v.62, n.2, p.93-105, 1983
- 27 GIBSON, G. L. A review of provenance testing of commercially important tropical Pines. In: SIMPOSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES. Buenos Aires. **CIEF**, p. 29-49, 1987.
- 28 GOBBO CÉSAR, E. R.; SHIMIZU, J. Y.; ROMANELLI, R. Variação entre procedências e progênies de *Pinus oocarpa* em Angatuba, SP. **Bol. Pesq. Flor.**, Curitiba, v.17, p. 13-24, 1988.
- 29 GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 7.ed. Piracicaba. Livraria Nobel S.A. 1977. 430p.
- 30 GOODWIN-BAILEY, C. I.; PALMER, E. R. Pulp and wood properties of *Pinus caribaea* and *Pinus oocarpa* from Uganda. **The Commonwealth Forestry Review**. v.66,n.1, p. 49-60, 1987.
- 31 GREAVES, A. Review of *Pinus caribaea* Mor and *Pinus oocarpa* Schiede international provenance trials, 1978. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1980. 89p. (**CFI**. Occasional Paper, 12).

- 32 HAINES, M.V.; TOZER, S. The early performance of Mexican and some Central American provenances of *P. oocarpa* in trials (international series) in the northern territory of Australia. In: PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES. (Eds. Barnes, R.D. and GIBSON, G.L). Oxford Forestry Institute and Forestry Research Centre, Harare. p. 250-7, 1984.
- 33 HENDERSON, C. R. Selecion index and expected genetic advance. In: STATISTICAL GENETICS AND PLANT BREEDING, W.D. HANSON & H.F. ROBINSON (eds). NAS-NRC. Pub.n. 982, Washington, p. 141-163, 1963.
- 34 HOUFFE, H. Inventário forestal complementario de los bosques de pinos (*Pinus caribaea* M.) de Petém, Guatemala, s.c. 1969. 46p.
- 35 KUAN, G. S.; BENAZZI, R. C.; BERGMAN, S. Matérias primas. In: INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Celulose e papel**. São Paulo : Departamento de Divulgação do IPT, 1981. v.2, 964p.
- 36 KAGEYAMA, P. Y. **Variação genética entre procedências de *Pinus oocarpa* Schiede na região de Agudos-SP**. Piracicaba, 1977. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" - USP
- 37 ____ ; CASER, R. L. Adaptação de *Pinus* spp. na região nordeste do Brasil. Série Técnica, IPEF, Piracicaba, n.3, v.10, p. 33-53, 1982.
- 38 ____ ; VENCOVSKY, R. Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. IPEF, n.24, p.9-26, 1983.
- 39 ____ . Melhoramento genético de pinheiros tropicais no Brasil. In: SIMPÓSIO IUFRO SOBRE MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO. **Silvicultura** n.8, v.29, p. 17 - 21, 1983.
- 40 ____ . **Variação genética em progênies de uma população de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. Piracicaba, 1980. Tese. (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz" - USP
- 41 KEMP, R. H. International provenance research on Central American *Pines*. **The Commonwealth Forestry Review**, n.52, v.3, p.55-66, 1973.
- 42 KIBBLEWHITE, R. P. Effects of beating and wood quality on radiata pine kraft paper properties. **New Zealand Journal of Forestry Science**. v. 3, 1972.
- 43 LAMB, A. F. A. **Fast growing timber trees of the lowland tropics**. Oxford: Commonwealth Forestry Institute, 1973. 245p.

- 44 LIEGEL, L. H. Growth and performance in young *Pinus oocarpa* provenance trials in Puerto Rico on eight sites. In: IUFRO CONFERENCE ON PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES, Mutare, Zimbabwe, p. 324 - 8, 1984.
- 45 LIMA, R. T. Comportamento de espécies e procedências tropicais do gênero *Pinus* em Felixlândia, MG - Brasil - região de cerrados 1 - *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e *Pinus oocarpa*. **Revista Árvore**, v.14, n.1, p.16-25, 1990.
- 46 LIMA, R. T.; SANTOS, G. P. Desempenho de procedências e progênes de *Pinus oocarpa* Schiede em Felixlândia, MG, - resultados preliminares. **Revista Árvore**, v.12, n.2, p.156-164, 1988.
- 47 LUSH, J. L. **Melhoramento genético dos animais domésticos**. Rio de Janeiro, Centro de Publicações Técnicas da Aliança para o progresso, 1964. 570.
- 48 MARTINEZ, M. **Loz Pinos Mexicanos**. 2nd ed. Mexico, Ediciones Botas, 1948.
- 49 MASSAKI, K. M. C **Variação entre espécies de procedências de pinheiros tropicais em Agudos, SP, Capão Bonito, SP, e Araquari, SC**. Curitiba, 1989. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 50 MATHESON, A. C.; CAROLYN & RAYMOND, A. A. Review of provenance x environment interaction: Its practical importance and use with particular reference to the tropics. **The Commonwealth Forestry Review**. v.5, n.4, p. 283-302, 1986.
- 51 MATIZIRIS, D. I.; ZOBEL, B. J. Inheritance and correlations of juvenile characteristics in loblolly Pine. **Silvae Genetica**. Frankfurt, v.21, p.44 - 48 , 1973.
- 52 MIROV, N. T. **The genus *Pinus***. New York, Ronald Press, 1967. 602 p.
- 53 MITTAK, W. L.; PERRY, J. P. Jr. *Pinus maximinoi*: its taxonomic status and distribution. **J. Arnold Arbor. Harv. Univ.**, v.60, n.3, p.386-395, 1979.
- 54 MONTAGNA, R. G.; BARBOSA, O.; BRASIL, M.A.M.; VEIGA, R .A. A.; FILHO, D. V. T. Peso da matéria seca, densidade básica e dimensões de fibras de *Pinus caribaea* Mor. var. *hondurensis* Bar. et. Golf. **SILVICULTURA**. São Paulo, 13/14 : 23-32, 1980.

- 55 MORAES, M. L. T. **Variação genética da densidade básica da madeira em progênies de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e suas relações com as características de crescimento.** Piracicaba, 1987. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" - USP.
- 56 MORI, E. S.; KAGEYAMA, P.Y.; FERREIRA, M. **Variação genética e interação progênies x locais em *Eucalyptus urophylla*.** IPEF, Piracicaba, v.39, p.53-63, 1988.
- 57 MULLIN, L.J.; QUAILE, D. R. *Pinus oocarpa* provenance trials in Zimbabwe - Sixth-year results. In: **PROVENANCE AND GENETIC IMPROVEMENT STRATEGIES IN TROPICAL FOREST TREES.** (Eds. BARNES, R.D. & GIBSON, G. L). Oxford Forestry Institute, p.380-9, 1984.
- 58 MUÑIZ, G.I.B. **Descrição da estrutura e ultraestrutura da madeira de cinco espécies de prosopis da Argentina e análise da metodologia.** Curitiba, 1986. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 59 NAMKOONG, G. Inbreeding effects on estimation of genetic additive variance. **Forest Science**, Washington, 1: 8-13, 1966.
- 60 NANSON, A. The provenance seedling seed orchard. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.21, n.6, p. 243 - 249, 1972.
- 61 NEIL, P. E. A role for *Pinus maximinoi* and *P. greggii* in Nepal's afforestation efforts. **The Commonwealth Forestry Review.** v.70, n.4, p. 191-200, 1991.
- 62 NIKLES, D. G. Biology and genetic Improvement of *Araucaria cunninghamii* Ait. in Queensland, Australia. In: **SELECTION AND BREEDING TO IMPROVE SOME TROPICAL CONIFERS.** (Eds. BURLEY, J. & NIKLES, D. G.) Oxford Forestry Institute, v.1, p. 63-72, 1973.
- 63 NYOKA, B. I. Provenance variation in *Pinus maximinoi*: a promising species for commercial afforestation in Zimbabwe. **The Commonwealth Forestry Review.** v.73, n.1, p. 47-53, 1994.
- 64 OSORIO, L. F. **Vegetative propagation of *Pinus maximinoi* and *Pinus tecunumanii* by rooted cutting.** Dissertação (Mestrado). College of Forest Resource. North Carolina State University. Raleigh, NC. USA. p.86, 1991.

- 65 PANSE, V.G.; SUKTAME, P. V. Los bloques de familias compactas. In: STATISTICAL METHODS FOR AGRICULTURAL WOORKERS. New Delhi, Indian Council Agricultural Research, 1964. Cap. 13, p. 240 - 5.
- 66 PANSHIN, A. J.; ZEEUN, C. **Textbook of wood technology**. 3a ed. New York MacGraw-Hill, 1970. 705 pgs.
- 67 PINTO JUNIOR, J. E. **Variabilidade genética em progênes de uma população de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake da ilha de Flores - Indonésia**. Piracicaba, 1984. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Escola Superior de Agricultura "Luís de Queiroz" - USP.
- 68 PIRES, C. Complexo de *Pinus pseudostrobus* em Campos de Jordão e Itararé. In: SIMPÓSIO SOBRE SILVICULTURA Y MEJORAMIENTO GENETICO DE ESPECIES FORESTALES, Buenos Aires, 1987. Anais Buenos Aires, CIEF, 1987. v. 5, p. 150-161.
- 69 POYNTON, R. J. **Tree planting in Southern Africa**. Vol 1 The *Pines*. Republic of South Africa. 1977. S. A. Forestry Research Institute. Department of Forestry, 575 pp.
- 70 RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J. Modelo genético-estatístico e delineamento experimental para estimação de componentes da variação genética e parâmetros genéticos em teste de progênes com indivíduos repetidos clonalmente. **Rev. Floresta**, Curitiba, v. 23, n.1/2, p.35-45, 1993.
- 71 RESENDE, M. D. V.; HIGA, A. R. Estimação de valores genéticos no melhoramento de *Eucalyptus*: Seleção em um caráter com base em informações do indivíduo e se seus parentes. **Bol. Pesq. Flo.** Curitiba, n.28/29, p. 11-35, 1994a.
- 72 _____ ; _____. Maximização da eficiência da seleção em testes de progênes de *Eucalyptus* através da utilização de todos os efeitos do modelo matemático. **Bol. Pesq. Flo.** Curitiba, n.28/29, p.37-56, 1994b.
- 73 RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, E. B.; MELINSKI, L. C.; GOULART JUNIOR, F. S. & OAIDA, G. R. P. **Seleção genética computadorizada - Selegen "Best Prediction"**. Manual do Usuário. Colombo: EMBRAPA - CNPF. 1994, 31p.
- 74 RESENDE, M. D. V.; ARAÚJO, A. J.; SAMPAIO, P.B.; WIECHETECK, A. S. Acurácia seletiva, intervalos de confiança e variâncias de ganhos genéticos associados a 22 métodos de seleção em *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. **Rev. Floresta**, Curitiba, v. 24, n.1/2, p.35-45, 1995.

- 75 RESENDE, J. L.; NEVES, A. R. Evolução e contribuição do setor florestal para a economia brasileira. In: SIMPÓSIO BILATERAL BRASIL-FINLÂNDIA SOBRE ATUALIDADES FLORESTAIS, 1988, Curitiba,. **Simpósio...**Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1988. p. 214-265.
- 76 ROBINSON, H. F.; CONSTOCK, R. B.; HARVEY, D. H. Genotypic and phenotypic correlacion in corn and their implications in selection. **Agronomy Journal**, Madison, n.43, p. 282-287, 1965.
- 77 SALAZAR, F. R. ; ALBERTIN, W. Requerimientos edáficos y climáticos para *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. y Golf. **Turrialba**, Costa Rica, v.23, n.4, p.444-450, 1973.
- 78 SATO, S.; BRUNE, A. Estimativa de herdabilidade e correlações entre caracteres de crescimento e "foxtailing" em *Pinus caribaea* var. *hondurensis* Barr. et Golf In: SIMPOSIO IUFRO EM MELHORAMENTO GENÉTICO E PRODUTIVIDADE DE ESPÉCIES FLORESTAIS DE RÁPIDO CRESCIMENTO, Águas de São Pedro, SP, 1980. **Anais ... Silvicultura**, São Paulo, v.8, n.29, p.139-141, 1983.
- 79 SHELBOURNE, C. J. A. Breeding for stem straightness in coniferas. In: **WORLD CONSULTANT ON FOREST TREE BREEDING**, 2. Washington, 7-16, ago. 1969, Roma, **FAO**. 9p.
- 80 SHELBOURNE, C. J. A.; COCKREM, F. R. M. Progeny and clonal test designs for New Zealand's tree breeding programs. New Zealand Forestry Research Institute. The Improvement Report. **Rotorua**. n.41, p. 1-15, 1969.
- 81 SHIMIZU, J. Y.; PINTO JUNIOR, J. E. Diretrizes para credenciamento de fontes de material genético melhorado para reflorestamento. Curitiba, **EMBRAPA-CNPQ**, 1988. 15p. (EMBRAPA-CNPQ. Documento 18).
- 82 SOUZA, S. M. DE; RESENDE, M. D. V.; SILVA, H. D. DA; HIGA, A. R. Variabilidade genética e interação genótipo x ambiente envolvendo procedências de *Eucalyptus cloesiana* F. Muell., em diferentes regiões do Brasil. **Revista Árvore**, v.16,n.1, p.1-17, 1992
- 83 STYLES, B. J. Taxonomic and biosystematic studies. In: **A MANUAL ON SPECIES AND PROVENANCE RESEARCH WITH PARTICULAR REFERENCE TO THE TROPICS**. (Eds. BURLEY, J. & WOOD, J. P). Oxford Forestry Institute, p. 15-25, 1976.
- 84 STURION, J. A. ; PEREIRA, J. C. D. ; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n.14, p. 28-38,1987.

- 85 STURION, J. A. **Variação genética de características de crescimento e de qualidade da madeira em progênies de *Eucalyptus viminalis*** LABILL. Curitiba, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 86 TEIXEIRA, L. L. **Identificação botânica - Dendrológica e anatômica de madeira de seis espécies euxilóforas do sudeste paranaense.** Curitiba, 1977. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.
- 87 TODA, R. Heritability problems in forest genetics. In: IUFRO GENETICS - SABRAO JOINT SYMPOSIA. (1972: Tokio). **Proceedings**. Tokyo: The Government Forest Experiment Station of Japan, 1972. p. A -3 (I): 1 - 9.
- 88 VELLO, N. A.; VENCOVSKY, R. Variâncias associadas às estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. In: RELATÓRIO CIENTÍFICO DO DEPARTAMENTO DE GENÉTICA E INSTITUTO DE GENÉTICA. Piracicaba, v.8, p. 238-48, 1974.
- 89 VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. (coord.) MELHORAMENTO E GENÉTICA. São Paulo, Edições Melhoramentos, p.17-37, 1969.
- 90 _____. Genética Quantitativa. In: PATERNIANI, E. COORD. MELHORAMENTO DO MILHO NO BRASIL. Piracicaba, Fundação Cargill, p. 122-201, 1978.
- 91 VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, pp.486, 1992.
- 92 WOESSNER, R. A. Growth, form and wood density at six years in the CFI *Pinus caribaea* provenance trial at Jari. **Silvicultura** n.8, p. 62-65, 1983.
- 93 WRIGTH, J. A. **Introduction to Forest Genetics.** Department of Forestry. Michigan State University. Academic Press. 463 p. 1976.
- 94 _____. A simplified design for combined provenance and progeny testing. **Silvae Genetica**, Frankfurt, v.27, n.2, p. 68 - 70, 1978.
- 95 _____. Variation in wood properties of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* provenances at six sites. **Silvae Genetica** v.39,n.1,1990.
- 96 WRIGTH, J. A.; GIBSON, G. L.; BARNES, R. D. Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *tecunumanii* in Zambia. **The Commonwealth Forestry Review**. v. 65, n.1, p. 33-40, 1986.

- 97 ____; ____; ____ . Provenance variation in stem volume and wood density of *Pinus caribaea*, *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* spp. *Tecunumanii* in Puerto Rico. **Turrialba**, v. 38, n.2, p.123-126, 1988.
- 98 ____; ____; ____ . Variacion en volumen y densidad de la madera de ocho procedencias de *Pinus oocarpa* y *Pinus patula* ssp. *Tecunumanii* en Conocoto, Ecuador, **IPEF**, Piracicaba, v.41/42, p. 5-7, 1989.
- 99 ____; ____; ____ . Variation of stem volume and wood density in provenances of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* ssp. *Tecunumanii* at Nzoia, Kenya. **The Commonwealth Forestry Review**. v.71, n.3/4, p. 203-205, 1992.
- 100 ____; ____; ____ . Variation of stem volume and wood density of provenances of *Pinus oocarpa* and *Pinus patula* ssp. *tecunumanii* at Agudos, São Paulo, Brazil, **IPEF**, Piracicaba, v.32, p. 21-23,1986.
- 101 WRIGTH, J. A.; WESSEIS, A. Laboratory scale pulping of *Pinus pseudostrobus*, *P. maximinoi* and *P. patula*. **IPEF Internacional**, Piracicaba, v.2, p. 39-44, 1992.
- 102 WRIGTH, J. A.; OSÓRIO, L. F.; LAMBETH, C. C. Development of a tree improvement program with *Pinus maximinoi* in Colombia. **Forest Ecology and Management**, n.62, p. 313-322, 1993.
- 103 ZOBEL, BRUCE.; TALBERT, JOHN **Applied Forest Tree Improvement**. North Carolina State University : John Wiley & Sons, 1984.